



Le cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées

Olivier Catteau

► To cite this version:

Olivier Catteau. Le cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées. Autre [cs.OH]. Université de Toulouse, 2008. Français. NNT : . tel-00344701

HAL Id: tel-00344701

<https://theses.hal.science/tel-00344701>

Submitted on 5 Dec 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par l'Université de Toulouse III – Paul Sabatier
Discipline ou spécialité : Informatique

Présentée et soutenue par CATTEAU Olivier
Le 2 Décembre 2008

Titre : Le Cycle de Vie de l'Objet Pédagogique et de ses Métadonnées

JURY

Rapporteurs : Yolaine BOURDA, Professeure à Supélec, Gif sur Yvette
Monique GRANDBASTIEN, Professeure à l'Univ. Poincaré, Nancy
Examineurs : Brigitte De LA PASSARDIERE, MCF (HDR) à l'Univ. Curie, Paris 6
Daniel MARQUIE, MCF à l'Univ. Paul Sabatier, Toulouse, Int. E-Mi@ge
Julien BROISIN, MCF à l'Univ. Paul Sabatier, Toulouse (encadrant)
Philippe VIDAL, Professeur à l'Univ. Paul Sabatier, Toulouse
(directeur de thèse)

Ecole doctorale : Mathématiques, Informatique et Télécommunications de Toulouse
Unité de recherche : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse – CNRS – UMR 5505
Directeur de Thèse : Professeur Philippe VIDAL
Encadrant : Julien BROISIN

Remerciements

Mes premiers remerciements iront à Jean-Rémi LAPAIRE, professeur à l'Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3, qui par ses conseils et ses longues discussions argumentées a su trouver les mots pour me convaincre de me lancer dans cette aventure très enrichissante.

Je ne remercierai jamais assez Philippe VIDAL et Julien BROISIN qui m'ont encadré, conseillé, soutenu et encouragé durant ces longues années de thèse.

Mes vifs remerciements à l'équipe des directeurs de l'IUT « A » Paul Sabatier, Jean-François MAZOIN, Patrick LAURENS, Dominique PINON, Maud LE HUNG et Maryse SEGOND pour m'avoir accordé leur confiance et le soutien de l'établissement, avec des décharges de service indispensables à l'accomplissement de ces travaux de recherche.

Un grand merci aux membres du campus numérique International e-Mi@ge, et tout particulièrement à Daniel MARQUIE, Patrice TORQUET, et Cédric TEYSSIE pour leur patience, leur disponibilité et leurs idées lors des phases d'expérimentation.

Un grand merci également à Michelle SIBILLA pour ses conseils dans l'organisation de ce mémoire et pour son travail consciencieux de relecture, ainsi qu'à Thierry MILLAN pour ses conseils concernant le formalisme à adopter.

Mes sincères remerciements à Yolaine BOURDA et Monique GRANDBASTIEN pour avoir pris le temps de lire ce mémoire, pour les précieux conseils prodigués et pour avoir accepté d'être rapporteurs. Mes sincères remerciements également à Brigitte DE LA PASSARDIERE pour avoir accepté d'être examinatrice.

Merci à tous ceux qui ont rendu mon travail agréable pendant ces trois années : Maryse CAILLOUX pour le traitement efficace des missions, Jacqueline pour sa constante joie de vivre entre deux tâches ménagères, Christine et Martine pour leur accueil matinal toujours enjoué, Martine LABRUYERE pour sa bonne humeur et ses précieux conseils lors des démarches avec l'école doctorale, Philippe BAQUE pour sa confiance et sa disponibilité lors de la mise en œuvre des expérimentations, ainsi qu'à tous les membres de l'équipe SIERA pour leur accueil et leur sympathie.

Enfin je remercie du fond du cœur mon épouse et mes quatre enfants, mes parents et beaux-parents, qui ont su me soutenir et m'encourager tout en souffrant certainement de mon manque de disponibilité. Rien n'aurait été possible sans eux.

Table des matières

REMERCIEMENTS	I
TABLE DES MATIERES	II
TABLE DES FIGURES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION GENERALE	3
1.1 - Cadre scientifique	3
1.2 - Contexte de recherche.....	4
1.3 - Problématiques de Recherche.....	5
1.4 - Contexte expérimental.....	8
1.5 - Organisation du mémoire.....	11
PARTIE I – ETAT DE L’ART	13
CHAPITRE 2 - OBJET PEDAGOGIQUE ET METADONNEES	15
2.1 - Introduction.....	15
2.2 - L’objet pédagogique.....	15
2.2.1 - Une définition qui ne fait pas consensus.....	15
2.2.2 - Métaphores	17
2.2.3 - Les caractéristiques de l’objet pédagogique.....	18
2.2.3.a - L’intention pédagogique	18
2.2.3.b - La granularité	18
2.2.3.c - La réutilisabilité	19
2.2.3.d - L’agrégation	20
2.2.3.e - L’accessibilité.....	22
2.2.3.f - L’interopérabilité.....	22
2.3 - Définition et caractéristiques des métadonnées.....	23
2.4 - Standards et normes pour la description des objets pédagogiques.....	25
2.4.1 - Dublin Core	25
2.4.2 - LOM	26
2.4.3 - Les profils d’application du LOM	26
2.4.4 - La future norme ISO MLR	28
2.5 - Synthèse.....	29
CHAPITRE 3 - LES PRINCIPAUX SYSTEMES IMPLIQUES DANS LA FORMATION EN LIGNE.....	31
3.1 - Introduction.....	31
3.2 - Les logiciels auteurs.....	31
3.2.1 - Une grande variété de types d’objets pédagogiques générés	31
3.2.2 - Une grande variété d’outils utilisés pour la production.....	34

3.3 - Les viviers de connaissances.....	37
3.3.1 - Objectif et intérêt des viviers de connaissances.....	37
3.3.2 - L'évaluation de l'Objet Pédagogique.....	39
3.3.2.a - Les systèmes actuels de critique et de relecture.....	39
3.3.2.b - La catégorie Commentaires du LOM.....	40
3.4 - Les plates-formes d'apprentissage.....	41
3.5 - Faciliter l'interopérabilité.....	42
3.6 - Synthèse.....	44
CHAPITRE 4 - LES DIFFERENTES APPROCHES DU CYCLE DE VIE.....	47
4.1 - Le cycle de vie dans l'industrie.....	47
4.1.1 - La notion de cycle de vie.....	47
4.1.2 - Cycles de vie linéaires.....	48
4.1.3 - Cycles de vie évolutifs.....	49
4.1.4 - L'approche marketing.....	50
4.1.5 - Le cycle de vie du produit ou du service multimédia.....	50
4.2 - Les différentes approches du cycle de vie de l'objet pédagogique.....	52
4.2.1 - L'approche de CanCore.....	52
4.2.2 - L'approche de Steinmetz et Rensing.....	52
4.2.3 - L'approche de la fondation ARIADNE.....	53
4.2.4 - L'approche de Strijker.....	54
4.2.5 - L'approche de Cardinaels.....	55
4.2.6 - L'approche de l'équipe ARCADE.....	56
4.2.7 - L'approche du LOM-INSa.....	57
4.2.8 - L'approche d'Université en Ligne.....	57
4.3 - Synthèse.....	58
CHAPITRE 5 - DECRIRE L'OBJET PEDAGOGIQUE POUR ASSURER SON SUIVI.....	63
5.1 - Informations nécessaires pour assurer le suivi de l'OP.....	63
5.1.1 - Objectifs et informations nécessaires.....	63
5.1.2 - Identifier l'objet pédagogique et ses métadonnées.....	64
5.1.3 - Situer l'objet pédagogique dans son cycle de vie.....	64
5.1.4 - Situer l'objet pédagogique par rapport aux autres ressources.....	65
5.1.5 - Mesurer l'évolution de l'objet pédagogique et de ses métadonnées.....	65
5.1.6 - Bien utiliser et améliorer l'objet pédagogique.....	66
5.2 - Prise en charge des informations liées au cycle de vie par les principaux standards.....	66
5.2.1 - Dublin Core.....	66
5.2.2 - LOM.....	67
5.2.3 - Les profils d'application du LOM.....	69
5.2.4 - La future norme ISO MLR.....	69
5.3 - Une extraction des métadonnées complexe.....	70
5.3.1 - Extraction à partir des outils auteurs.....	70
5.3.2 - Mécanismes de propagation et d'accumulation.....	73
5.4 - Synthèse.....	75
CHAPITRE 6 - LES VERRONS A LEVER.....	79

6.1 - Introduction.....	79
6.2 - Définir un cycle de vie générique.....	79
6.3 - Enrichir les standards de description de l'objet pédagogique.....	80
6.4 - Faciliter le renseignement des métadonnées.....	81
6.5 - Faciliter la gestion de projet en offrant de la visibilité.....	81
6.6 - Collecter les retours d'expériences pour favoriser la réingénierie.....	82
6.7 - Maintenir la cohérence entre OP importés et leurs évolutions.....	82

PARTIE II – DEFINITION DU CYCLE DE VIE GENERIQUE ET DES SERVICES

SUPPORTS.....	83
----------------------	-----------

CHAPITRE 7 - CYCLE DE VIE GENERIQUE ET IMPACTS SUR LA DESCRIPTION DE L'OBJET PEDAGOGIQUE

.....	85
7.1 - Introduction.....	85
7.2 - Le cycle de vie générique	85
7.2.1 - Spécification d'une terminologie.....	85
7.2.2 - Proposition d'un cycle de vie générique	87
7.2.2.a - Les phases du cycle de vie générique	87
7.2.2.b - Les étapes du cycle de vie	88
7.2.2.c - Processus de validation.....	91
7.2.2.d - Prise en compte des retours d'expériences	92
7.2.2.e - Prise en compte de la durée de validité de l'objet pédagogique.....	93
7.2.2.f - Cycle de vie générique complet	94
7.3 - Enrichissement des métadonnées.....	95
7.3.1 - L'état de l'objet pédagogique	96
7.3.2 - Le rôle des contributeurs.....	98
7.3.3 - La date de fin de validité.....	99
7.3.4 - La cible des relations	99
7.3.5 - Le suivi des modifications apportées	99
7.3.6 - L'importance des modifications apportées	100
7.3.7 - Une meilleure prise en compte des commentaires	101
7.4 - Le renseignement progressif et la propagation des métadonnées.....	101
7.4.1 - Les métadonnées renseignées en fonction des étapes du cycle de vie.....	103
7.4.2 - La propagation des métadonnées	105
7.4.3 - Génération automatique de métadonnées à partir du contexte	108
7.4.4 - Les évolutions de l'objet pédagogique dans le vivier	108
7.5 - Synthèse.....	109
CHAPITRE 8 - SERVICES DE GESTION DU CYCLE DE VIE	113
8.1 - Introduction.....	113
8.2 - Visualiser l'évolution de l'OP.....	115
8.2.1 - Les relations entre objets pédagogiques.....	115
8.2.2 - La représentation 3D des relations.....	116
8.2.2.a - Axe Temps.....	117
8.2.2.b - Axe Objectif	117

8.2.2.c - Axe Granularité	119
8.2.2.d - Améliorations de la représentation	120
8.3 - Favoriser les retours d'expériences	121
8.3.1 - Introduction	121
8.3.2 - Une architecture ouverte pour l'évaluation des OP.....	122
8.4 - Maintenir la cohérence entre OP importés et leurs évolutions.....	124
8.4.1 - Introduction	124
8.4.2 - La prise de conscience des évolutions de l'OP	125
8.4.2.a - La prise de conscience	125
8.4.2.b - Identifier les divergences entre objets pédagogiques.....	126
8.4.3 - Le service de sensibilisation aux évolutions de l'OP.....	129
8.4.3.a - La virtualisation enrichie de l'objet pédagogique	129
8.4.3.b - La prise de conscience des divergences, à la demande	130
8.4.3.c - Les systèmes de notification	134
8.4.3.d - La convergence.....	135
8.5 - Synthèse.....	136
 PARTIE III – IMPLEMENTATION ET INTEGRATION DANS LE CAMPUS NUMERIQUE	
IEM	139
CHAPITRE 9 - VERS UNE OPTIMISATION DE LA PRODUCTION ET DE LA REINGENIERIE.....	141
9.1 - Introduction.....	141
9.2 - Extension du schéma de métadonnées d'IEM	141
9.3 - Développement du service de représentation 3D des relations.....	145
9.4 - Le renseignement progressif et la propagation des métadonnées.....	147
9.5 - Un service pour la collecte et l'exploitation des retours d'expériences.....	150
9.6 - Un service de gestion des conflits et des évolutions.....	153
9.7 - Synthèse.....	156
CHAPITRE 10 - CONSOLIDATION DE LA PRISE EN COMPTE DU CYCLE DE VIE	159
10.1 - Introduction.....	159
10.2 - La production du module de formation.....	159
10.2.1 - Aide à la production contextualisée	159
10.2.2 - L'assistant d'initialisation.....	160
10.2.3 - L'assistant de conception	162
10.2.4 - Les assistants de réalisation	163
10.2.5 - L'expertise du module	164
10.2.6 - L'assistant validation	164
10.3 - De la diffusion à l'exploitation du module de formation.....	165
10.4 - La réingénierie du module de formation.....	165
10.5 - Plan d'expérimentation	165
10.6 - Conclusion	167
 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE	
169	
CHAPITRE 11 - CONCLUSIONS	171

11.1 - La formalisation d'une démarche	171
11.2 - L'enrichissement des métadonnées	171
11.3 - Le rôle fédérateur du vivier de connaissances	172
11.4 - Une approche générique	173
11.5 - L'adoption de la démarche par les utilisateurs.....	173
CHAPITRE 12 - PERSPECTIVES DE RECHERCHE	175
12.1 - Une propagation des métadonnées étendue	175
12.2 - Une meilleure exploitation des commentaires	175
12.3 - Etendre la sensibilisation aux divergences	176
12.4 - Déploiement à grande échelle.....	176
12.5 - L'enchaînement des étapes.....	177
12.6 - Les OP de granularité fine	177
12.7 - L'industrialisation de la formation	177
BIBLIOGRAPHIE.....	179
WEBOGRAPHIE	192
GLOSSAIRE	193
ANNEXE 1 – ELEMENTS ET QUALIFICATIFS DE DUBLIN CORE	196
ANNEXE 2 – ALGORITHME DE PARCOURS DES OP POUR LA REPRESENTATION DES RELATIONS	197
ANNEXE 3 –FICHE DU MODULE « REPARTITION »	201
ANNEXE 4 – MESSAGE ELECTRONIQUE TRANSMIS A UN AUTEUR DU MODULE « REPARTITION »	202

Table des figures

FIGURE 1.	PRINCIPAUX SYSTEMES MIS EN JEU DANS LES EIAH CENTRES SUR LES CONTENUS	5
FIGURE 2.	ORGANISATION DU CONSORTIUM IEM.....	8
FIGURE 3.	ORGANISATION DES SYSTEMES MIS EN JEU	9
FIGURE 4.	L'OBJET PEDAGOGIQUE, UN CONCEPT AU CENTRE DE FORTES TENSIONS [PERNIN, 2003].....	16
FIGURE 5.	LA METAPHORE DU JEU DE LEGO™.....	18
FIGURE 6.	LES OBJETS PEDAGOGIQUES REUTILISABLES SELON CISCO [BARRIT ET LEWIS, 1999].....	20
FIGURE 7.	LE PRINCIPE D'AGREGATION [STEINMETZ ET RENSING, 2005].....	21
FIGURE 8.	LE PRINCIPE DE LA READAPTATION [STEINMETZ ET RENSING, 2005].....	21
FIGURE 9.	LE STANDARD LOM v1.0 [IEEE-LTSC, 2002]	27
FIGURE 10.	EXEMPLE DE CONSTRUCTION DE PROFILS D'APPLICATIONS EN CASCADE [DUVAL ET AL., 2006]. ..	28
FIGURE 11.	TYPES D'OP STOCKES DANS MERLOT LE 2 AOUT 2008	32
FIGURE 12.	REPARTITION DES MEDIA BRUTS DANS MERLOT LE 2 AOUT 2008	32
FIGURE 13.	REPARTITION DES CONTENUS RICHES DANS MERLOT LE 2 AOUT 2008.....	33
FIGURE 14.	OUTILS PERMETTANT DE PRODUIRE DES OBJETS PEDAGOGIQUES	35
FIGURE 15.	EXEMPLE D'EDITION DE CONTENU DANS UNE CHAINE EDITORIALE [CROZAT, 2002].....	37
FIGURE 16.	LA VIRTUALISATION DES OBJETS PEDAGOGIQUES	43
FIGURE 17.	CYCLE DE VIE DU PRODUIT.....	47
FIGURE 18.	CYCLES DE VIE EN CASCADE	48
FIGURE 19.	CYCLE DE VIE EN « V ».....	49
FIGURE 20.	CYCLE DE VIE INCREMENTAL	49
FIGURE 21.	L'APPROCHE MARKETING DU CYCLE DE VIE DU PRODUIT	50
FIGURE 22.	LE CYCLE DE VIE DU PRODUIT MULTIMEDIA [DGTRE, 1998]	51
FIGURE 23.	CYCLE DE VIE DES RESSOURCES PEDAGOGIQUES [STEINMETZ & RENSING, 2005]	53
FIGURE 24.	CYCLE DE VIE DE L'OBJET PEDAGOGIQUE SELON [STRIKER, 2004]	54
FIGURE 25.	LE CYCLE DE VIE DYNAMIQUE DE L'OBJET PEDAGOGIQUE [CARDINAELS, 2007].....	55
FIGURE 26.	CYCLE DE VIE DE L'EQUIPE ARCADE [ARCADE, 2006].....	56
FIGURE 27.	LES ETAPES DU PROFIL D'APPLICATION MANUEL [DE LA PASSARDIERE ET JARRAUD, 2004]	58
FIGURE 28.	COMPARATIF DES DIFFERENTES APPROCHES DU CYCLE DE VIE	61
FIGURE 29.	METADONNEES DANS UN LOGICIEL DE TRAITEMENT DE TEXTE.....	71
FIGURE 30.	HIERARCHIE DE CLASSES PERMETTANT LA GENERATION DE METADONNEES [CARDINAELS, 2007]	72
FIGURE 31.	SUGGESTION DE VALEURS DE METADONNEES PAR PROPAGATION (A) ET PAR ACCUMULATION (B) [HATALA & FORTH, 2003]	73
FIGURE 32.	FLUX D'INFORMATIONS DANS L'ARCHITECTURE AMG [CARDINAELS, 2007]	74
FIGURE 33.	LES PHASES DU CYCLE DE VIE GENERIQUE DE L'OBJET PEDAGOGIQUE	87
FIGURE 34.	LES ETAPES DU CYCLE DE VIE GENERIQUE	91
FIGURE 35.	PROCESSUS DE VALIDATION.....	92
FIGURE 36.	PRISE EN COMPTE DES RETOURS D'EXPERIENCES	93

FIGURE 37.	PRISE EN COMPTE DE LA DATE LIMITE DE VALIDITE	94
FIGURE 38.	CYCLE DE VIE DETAILLE COMPLET	95
FIGURE 39.	REVISION DU STANDARD LOM POUR SUPPORTER LE CYCLE DE VIE GENERIQUE	96
FIGURE 40.	CORRESPONDANCE ENTRE L'ETAT DE L'OP ET LES ETAPES DU CYCLE DE VIE	97
FIGURE 41.	VOCABULAIRE ALTERNATIF POUR DEFINIR L'ETAT DE L'OBJET PEDAGOGIQUE	98
FIGURE 42.	PROFIL D'APPLICATION AUGMENTE [REBAI & LABAT, 2006]	102
FIGURE 43.	RENSEIGNEMENT PROGRESSIF DES METADONNEES	104
FIGURE 44.	EXEMPLE D'EVOLUTIONS SUCCESSIVES D'UN OP STOCKEES DANS LE VIVIER	109
FIGURE 45.	LIENS ENTRE LE CYCLE DE VIE GENERIQUE ET LES DIFFERENTES APPROCHES EXISTANTES	112
FIGURE 46.	LES NOUVEAUX SERVICES DE GESTION DU CYCLE DE VIE	114
FIGURE 47.	LA CATEGORIE RELATION DU LOM	115
FIGURE 48.	PREMIERE DIMENSION: L'AXE TEMPS	117
FIGURE 49.	EXEMPLE DE REPRESENTATION 2D DES RELATIONS	118
FIGURE 50.	PREMIER EXEMPLE DE REPRESENTATION 3D DES RELATIONS	119
FIGURE 51.	SECOND EXEMPLE DE REPRESENTATION 3D DES RELATIONS	120
FIGURE 52.	EXEMPLE DE REPRESENTATION COMPLETE	121
FIGURE 53.	L'ARCHITECTURE LOV AMELIOREE POUR LA GESTION DES ANNOTATIONS	123
FIGURE 54.	DIVERGENCE LORS DE LA MISE A DISPOSITION D'UNE NOUVELLE VERSION	127
FIGURE 55.	DIVERGENCE LORS DE BRANCHES COMPETITIVES	127
FIGURE 56.	DIVERGENCE DANS LE CAS D'OBJETS PEDAGOGIQUE DEPENDANTS	128
FIGURE 57.	LA VIRTUALISATION AMELIOREE POUR LA GESTION DES EVOLUTIONS DE L'OP	130
FIGURE 58.	CONSTRUCTION TREEMAP [VAN WIJK & VAN DE WETERING, 1999]	131
FIGURE 59.	EXEMPLE DE CONSTRUCTION TREEMAP	134
FIGURE 60.	SCHEMA DE METADONNEES ARIADNE MODIFIE POUR LE CYCLE DE VIE	143
FIGURE 61.	SERVICE DE REPRESENTATION DES RELATIONS	146
FIGURE 62.	LIMITATION DE L'EXPLORATION DES OP PAR ITERATIONS	147
FIGURE 63.	RENSEIGNEMENT PROGRESSIF DES METADONNEES POUR IEM	148
FIGURE 64.	EXEMPLE DE RENSEIGNEMENT PROGRESSIF DE METADONNEES	149
FIGURE 65.	EXEMPLE DE PROPAGATION DE METADONNEES ENTRE 2 EVOLUTIONS SUCCESSIVES	149
FIGURE 66.	CAS D'UTILISATION DES RETOURS D'EXPERIENCES	150
FIGURE 67.	EVALUATIONS DE L'OP DANS LES PLATES-FORMES	151
FIGURE 68.	SEQUENCES DE SOUMISSION D'UN COMMENTAIRE	152
FIGURE 69.	EXEMPLE DE VISUALISATION DES DIVERGENCES	154
FIGURE 70.	SEQUENCE DE NOTIFICATION DES DIVERGENCES	155
FIGURE 71.	MISE EN PLACE DES ASSISTANTS	160
FIGURE 72.	OBJETS PEDAGOGIQUES CREEES PAR L'ASSISTANT INITIALISATION	162
FIGURE 73.	REPRESENTATION DES RELATIONS APRES LA REALISATION	164
FIGURE 74.	PLANIFICATION DES EXPERIMENTATIONS	166
FIGURE 75.	DU SEQUENTIEL AU SIMULTANE PAR L'ORGANISATION DES ACTEURS [MARSOT, 1975]	178
FIGURE 76.	REPRESENTATION DES RELATIONS UTILISEE COMME EXEMPLE.	197

Liste des tableaux

<i>TABLEAU 1.</i>	TYPES D'OBJETS PEDAGOGIQUES LES PLUS REPRESENTES DANS LE VIVIER DE CONNAISSANCES ARIADNE.....	34
<i>TABLEAU 2.</i>	LES VIVIERES DE CONNAISSANCES IMPLEMENTANT DES EVALUATIONS D'OP.....	40
<i>TABLEAU 3.</i>	INFORMATIONS NECESSAIRES AU SUIVI DE L'OP RASSEMBLEES PAR OBJECTIFS.....	64
<i>TABLEAU 4.</i>	COMPARATIF DES INITIATIVES DE STANDARDISATION ET MANQUES VIS-A-VIS DU CYCLE DE VIE DE L'OP ET DE SES METADONNEES	77
<i>TABLEAU 5.</i>	PROPAGATION DES METADONNEES PROVENANT DE L'EVOLUTION PRECEDENTE.....	107
<i>TABLEAU 6.</i>	UTILISATION DES AXES EN FONCTION DU TYPE DE RELATION.....	116
<i>TABLEAU 7.</i>	ETATS DES OBJETS POUR LES EQUIPES VIRTUELLES [MOLLI ET AL., 2001]	132
<i>TABLEAU 8.</i>	LES DIFFERENTS ETATS RELATIFS A LA DIVERGENCE DES OP.....	133
<i>TABLEAU 9.</i>	CORRESPONDANCE ENTRE LE VOCABULAIRE INITIALEMENT UTILISE PAR IEM ET CELUI DU CYCLE DE VIE GENERIQUE.....	144
<i>TABLEAU 10.</i>	ENSEMBLE DES ELEMENTS DE DUBLIN CORE	196

Introduction

Chapitre 1 - Introduction générale

1.1 - Cadre scientifique

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire ont été réalisés au sein l’Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT¹) qui est une Unité Mixte de Recherche, UMR 5505, fédérant plus de 190 chercheurs et enseignants-chercheurs sous les tutelles du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), de l’Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT), de l’Université Paul Sabatier (UPS), de l’Université Toulouse le Mirail (UTM) et de l’Université des Sciences Sociales Toulouse 1 (UT1). Parmi les diverses thématiques abordées par l’Institut, ces travaux s’inscrivent dans le thème 6 lié à l’architecture, aux systèmes et aux réseaux, au sein de l’équipe « Service IntEgration and netwoRk Administration » (SIERA²). Cette équipe est fédérée autour de la problématique de la gestion qui se décline autour de 3 axes de recherche :

- la gestion autonome de réseaux et de services : outils et fondement
- la gestion de la sécurité des réseaux et des organisations virtuelles
- la gestion des Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain (EIAH), qui correspond à l’axe de recherche dans lequel s’inscrit cette thèse.

Le terme EIAH caractérise un « environnement informatique conçu dans le but de favoriser l’apprentissage humain, c’est-à-dire la construction de connaissances chez un apprenant » [Tchounikine, 2002]. Il est également utilisé pour identifier une communauté de chercheurs fédérés par l’Association des Technologies de l’Information pour l’Education et la Formation (ATIEF³).

La formation est encadrée par l’école doctorale « Mathématiques, Informatique et Télécommunications de Toulouse » (MITT) en vue de l’obtention du doctorat de l’Université de Toulouse, délivré par l’Université Paul Sabatier⁴.

¹ IRIT : <http://www.irit.fr/>

² SIERA : <http://www.irit.fr/-Equipe-SIERA->

³ ATIEF : <http://www.atief.org/>

⁴ Université Paul Sabatier : <http://www.ups-tlse.fr/>

1.2 - Contexte de recherche

Les technologies de l'information et de la communication présentent de profondes mutations depuis de nombreuses années : banalisation du poste de travail pour un nombre toujours plus grand d'utilisateurs, développement des réseaux de communication, évolution des technologies relatives à l'Internet, au web, etc.

Parallèlement à cela, les processus d'apprentissage ont fortement évolué avec l'émergence de besoins essentiellement pour la formation continue des salariés, mais également pour la formation initiale.

La conjonction de ces deux phénomènes donne lieu à l'émergence d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain permettant de former à grande échelle les apprenants avec les nouvelles technologies. Depuis Jules Ferry, des référentiels sont établis afin de définir le contenu d'un programme d'études que l'apprenant doit maîtriser à l'issue d'une séquence de formation. Cette approche centrée sur les contenus se traduit en notions et concepts à aborder, en objectifs pédagogiques à atteindre. Une autre approche, centrée sur les scénarios d'apprentissage, montre que les contenus se retrouvent étroitement liés aux objectifs en termes de connaissance ou d'habiletés, aux acteurs de l'apprentissage, et aux activités réalisées [Pernin & Lejeune, 2004].

Nos travaux s'inscrivent dans la continuité des travaux présentés dans [Broisin, 2006 ; Vidal, 2005] et s'intéressent aux contenus diffusés à l'aide d'objets pédagogiques. La définition d'un objet pédagogique (nous utiliserons l'abréviation OP pour le désigner) ne fait pas consensus à l'heure actuelle, nous y reviendrons plus amplement au cours du chapitre 2.

Comme le montre la figure 1, les EIAH qui adoptent une approche centrée sur les contenus font généralement l'objet d'une architecture distribuée, composée principalement des éléments suivants :

- les logiciels auteurs ou les outils collaboratifs dédiés à la production qui permettent la création d'objets pédagogiques par les auteurs, aidés éventuellement par des concepteurs multimédia, des graphistes, etc. ;

- les viviers de connaissances qui sont le fruit de travaux de recherche sur le partage et la réutilisation des objets pédagogiques depuis plus de trois décennies [Bork, 1977] et qui offrent des moyens d'indexation et de recherche d'objets pédagogiques⁵ [Vidal et al., 2004].

- les plates-formes d'apprentissage qui offrent des services d'exploitation des objets pédagogiques par les enseignants et apprenants.

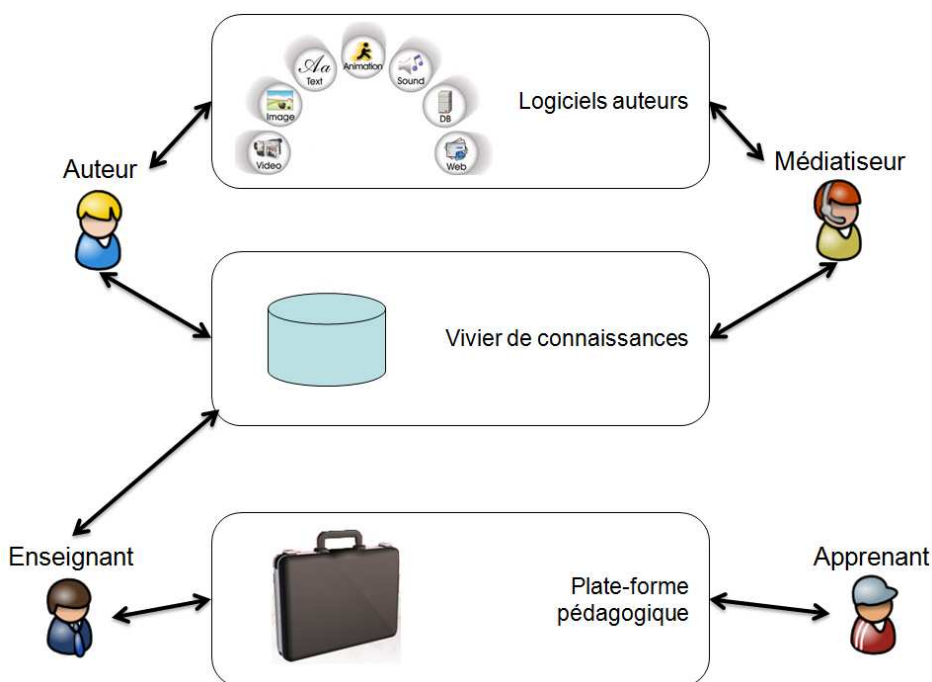


Figure 1. Principaux systèmes mis en jeu dans les EIAH centrés sur les contenus

L'objet pédagogique est donc exploité dans différents systèmes, par différents acteurs, et à différents instants. Nous cherchons à suivre son évolution dans le temps, à caractériser les changements de son état en fonction des différents systèmes qui visent à le produire, le diffuser, l'exploiter, mais aussi en fonction des différents acteurs impliqués (auteur, médiateur, enseignant, apprenant, etc.).

1.3 - Problématiques de Recherche

L'un des derniers rapports du réseau européen d'excellence PROLEARN montre que les PME utilisent plus volontiers du contenu standard que des productions internes, alors que les grandes entreprises constituent leurs propres équipes interdisciplinaires pour créer leur contenu et l'utiliser dans des cours [PROLEARN, 2007]. La production est de moins en

⁵ Les travaux de l'équipe s'inscrivent dans les projets européens ARIADNE I et II : Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Network for Europe Phase I (1996-1998) et II (1998-2000) – 4ième PRCD Sector B4 Telematics for Education & Training – Telematics for Research

moins le fruit d'un auteur isolé, mais devient un travail d'équipe : les auteurs viennent de composantes différentes et doivent collaborer et échanger des données pertinentes au-delà des frontières de leur composante ; ils peuvent également être amenés à collaborer avec des équipes externes d'experts, des concepteurs multimédia, des graphistes, des ingénieurs pédagogiques, etc. De plus, l'objet pédagogique ne reste pas figé dans le temps, il évolue :

- son contenu peut être révisé par une succession d'auteurs ;
- il est souvent segmenté en OP de granularité plus fine afin de répartir le travail de production entre différents acteurs ;
- les auteurs peuvent le compléter en réutilisant d'autres objets pédagogiques.

Steinmetz et Rensing ont distingué quatre grandes phases dans le cycle de vie d'un OP : la production, la diffusion, l'utilisation et la réingénierie [Steinmetz & Rensing, 2005]. Après sa production et sa diffusion, l'utilisation de l'OP par les enseignants et apprenants est la source de retours d'expériences qui vont permettre d'enclencher un processus de réingénierie pour l'améliorer, l'adapter à des objectifs pédagogiques spécifiques, à des publics différents, aux transformations technologiques et culturelles. Les processus les plus complexes de réingénierie des OP peuvent entraîner la décomposition en sous-OP de granularité plus fine, l'adaptation ou la suppression de certains d'entre eux, l'ajout d'autres sous-OP (créés pour l'occasion ou réutilisés) puis la réorganisation complète des sous-OP avant leur agrégation finale.

Le cycle de vie de l'objet pédagogique implique la prise en compte de l'évolution du contenu, mais également de sa description par les métadonnées qui jouent un rôle essentiel pour faciliter sa recherche, son expertise, son apprentissage et son utilisation aussi bien par les acteurs de l'e-formation, que par des systèmes logiciels automatisés [IEEE-LTSC, 2002]. La description facilite également le partage et la réutilisation des objets pédagogiques. Elle reste extrêmement liée à l'OP : elle évolue en se complétant tout au long de la production. Après l'utilisation de l'OP, elle est enrichie par les retours d'expériences des apprenants et des enseignants, avant d'être modifiée et adaptée pendant la réingénierie. Les métadonnées permettant de décrire un OP ont donné lieu à l'émergence de standards et de normes améliorant ainsi l'interopérabilité entre systèmes. La pratique montre cependant que ces standards sont utilisés principalement dans un objectif de partage et d'échange d'objets pédagogiques prêts à l'emploi, mais qu'ils ne sont pas adaptés aux évolutions générées pendant la production et la réingénierie. Ces 2 dernières phases faisant l'objet de notre étude, les phases de diffusion et d'utilisation de l'OP ne seront pas approfondies. Elles font l'objet de travaux précédents qui facilitent les échanges d'objets pédagogiques entre viviers de

connaissances et plates-formes pédagogiques [Broisin, 2006] d'une part, et qui visent à assurer le suivi de leur exploitation d'autre part [Broisin & Vidal, 2007].

L'objet pédagogique et ses métadonnées sont donc créés et modifiés par de multiples acteurs aux compétences variées, qu'ils évoluent perpétuellement dans une architecture répartie jusqu'à leur retrait. Cela entraîne au cours du temps un certain nombre de questions : Dans quel système se trouve l'objet pédagogique ? Quelles sont les actions qui ont été menées précédemment ? Qui doit intervenir ? Avec quelles compétences ? Quand ? Dans quel objectif ? Quelle partie de la description de l'OP doit être renseignée ? Quelle partie de la description de l'OP peut être récupérée des évolutions précédentes, etc. ?

Les travaux présentés dans ce mémoire visent à définir une stratégie, une structuration méthodique des processus de production et de réingénierie. Depuis l'industrialisation de la formation [Moeglin, 1998], il convient d'adapter au contexte de la formation en ligne les méthodes de formalisation issues de l'industrie pour définir un cycle de vie générique de l'objet pédagogique ainsi que de sa description par les métadonnées. La mise en œuvre du cycle de vie offre plusieurs avantages :

- il favorise la traçabilité. Chaque révision de l'objet pédagogique a une origine. Pour continuer à faire évoluer l'OP dans les meilleures conditions, il faut prendre conscience de toutes ses évolutions, des raisons de ces changements, des faiblesses constatées sur le terrain ;
- il permet d'améliorer la visibilité sur l'évolution de l'OP. Les différents acteurs concernés par la production ou l'amélioration d'un OP ne peuvent pas se rendre compte de manière efficace de l'évolution de ce dernier si le fruit de leurs travaux n'est pas partagé avec l'ensemble de la communauté ;
- il favorise la constitution d'équipes de production étendues. Chaque acteur a un rôle bien défini dans le dispositif, il peut travailler de manière efficace, tout en prenant conscience du travail des autres collaborateurs ;
- il améliore la qualité et la quantité des métadonnées en mettant à profit les compétences de chaque acteur et en limitant la quantité de métadonnées à saisir par chaque acteur.

1.4 - Contexte expérimental

Un objet pédagogique comporte un contenu d'une granularité plus ou moins fine pouvant aller de la simple figure ou du paragraphe descriptif, jusqu'au diplôme complet. Nos travaux s'adaptent en particulier à des formations centrées sur les contenus [Pernin, 2006], organisées en modules présentant des contenus pédagogiques de granularité élevée.

Le campus numérique « International e-Mi@ge » (IEM) [Cochard, et al., 2004] constitue notre terrain d'expérimentation. Le campus permet à un public de formation continue ou d'étudiants résidant à l'étranger de suivre à distance le cursus MIAGE (Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion d'Entreprise). Le consortium, qui comprend 22 universités françaises, est partenaire de plusieurs universités étrangères ; la figure 2 reprend son organisation. Chaque université partenaire dispose d'un centre de formation MIAGE, dirigé par un directeur. La gestion des inscriptions, le suivi administratif des apprenants, la coordination des enseignements et la mise en place des examens sont animés par un responsable pédagogique. Chaque centre dispose de ses propres enseignants qui assurent le tutorat à distance et interviennent pendant les quelques regroupements, mais il n'y a qu'une seule e-Mi@ge : le fonctionnement dans tous les centres d'exploitation est identique de l'inscription de l'apprenant jusqu'à son évaluation.

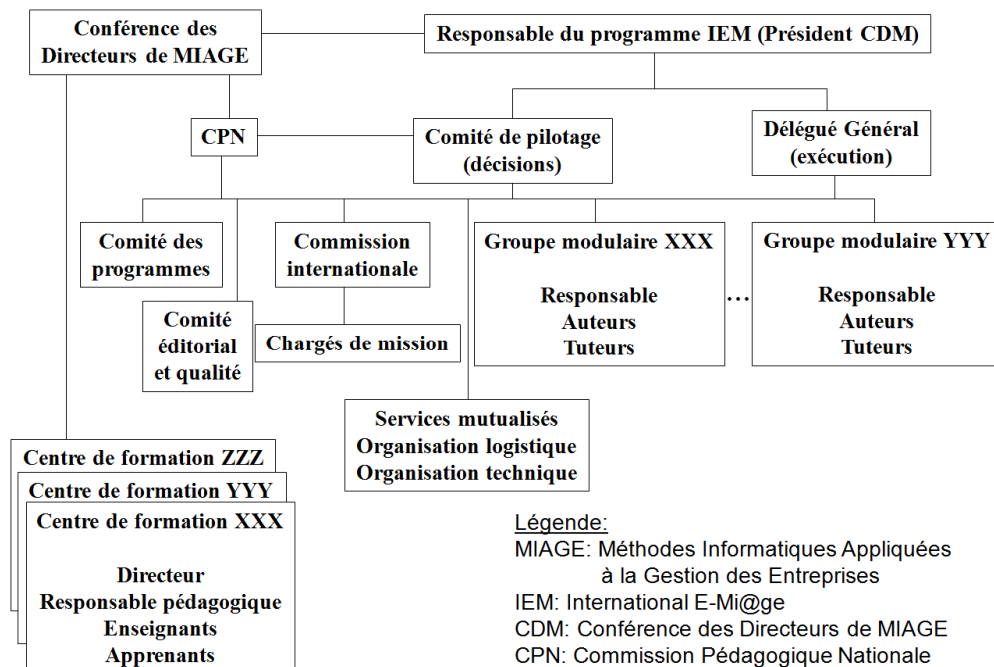


Figure 2. Organisation du consortium IEM

Le processus de spécification des contenus de formation commence par la Commission Pédagogique Nationale (CPN) qui détermine, à partir de différents référentiels de métiers et en concertation avec des professionnels, les grandes orientations du programme national des MIAGE. Le comité des programmes du consortium définit ensuite des modules de formation ayant tous le même poids (40 h de formation, 3 ECTS⁶) pour répondre aux exigences du programme national. Pour chaque module, un groupe modulaire est mis en place, constitué d'un responsable qui assure la coordination pédagogique de plusieurs auteurs chargés de créer les contenus pédagogiques et assistés éventuellement d'un chef de projet technique, et de plusieurs enseignants tuteurs chargés de l'animation des séances de formation avec les apprenants.

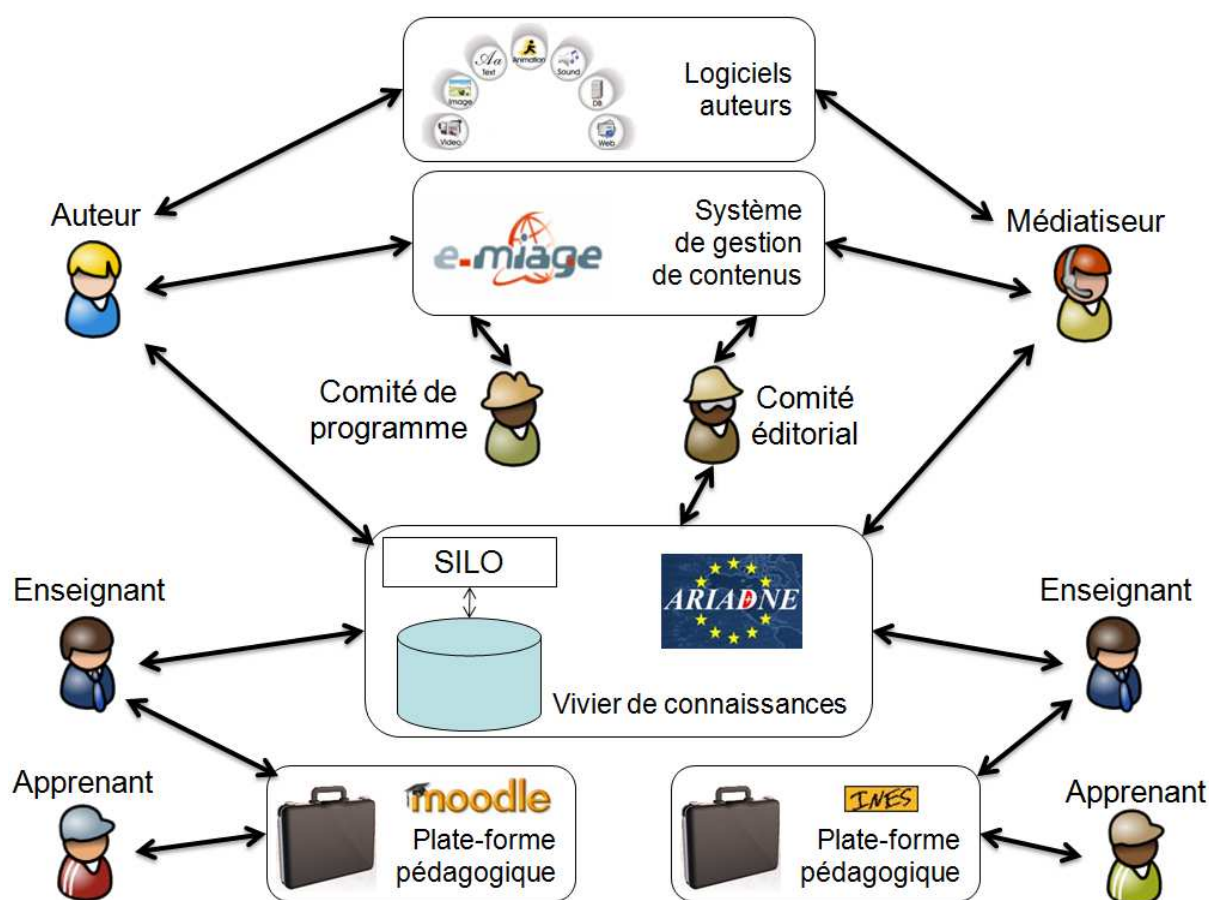


Figure 3. Organisation des systèmes mis en jeu

L'environnement informatique mis en place pour assurer la gestion collaborative des OP est représenté par la figure 3. Il est constitué :

⁶ ECTS : European Credit Transfer System, système européen de transfert et d'accumulation de crédits ayant pour but de faciliter la lecture et la comparaison des programmes d'études de l'Union Européenne.

– d’un vivier de connaissances ARIADNE, facilitant le partage et la réutilisation des OP. Il permet de stocker à la fois l’objet pédagogique ainsi que ses métadonnées. Une interface de recherche et d’indexation (SILO⁷) permet à chaque acteur du consortium de retrouver et d’éditer les métadonnées d’un OP spécifique ;

– de logiciels auteurs permettant la création des contenus pédagogiques ;

– d’un système de gestion de contenus (CMS⁸) permettant aux acteurs du consortium d’échanger et de partager les informations liées à l’organisation d’IEM, ainsi que celles concernant les différents modules de la formation;

– et pour chaque centre de formation, d’une plate-forme pédagogique (LMS⁹) dédiée. Elle permet aux apprenants et aux enseignants tuteurs d’exploiter les OP.

L’environnement du campus International E-Mi@ge est complexe et nécessite d’offrir aux acteurs des moyens pour facilement réaliser certaines tâches :

- les membres du comité de programme doivent pouvoir transmettre aux auteurs toutes les informations utiles en définissant les objectifs de chaque nouveau module et en prédéfinissant une répartition du travail;

- les auteurs et médiateurs doivent pouvoir partager avec leurs collègues toutes les évolutions de l’OP en cours de production ou de réingénierie ainsi que ses sous-parties ;

- avec les membres du comité éditorial, ils doivent également pouvoir visualiser globalement toutes les évolutions pour se rendre compte de l’avancée du projet ;

- les enseignants éditeurs doivent pouvoir maintenir à jour les modules de cours déployés et exploités dans les plates-formes en fonction des évolutions stockées dans les viviers de connaissances ;

- enfin, enseignants, experts du domaine et apprenants doivent pouvoir facilement faire part de leurs commentaires pour que ces précieux retours d’expériences soient utiles à la démarche pédagogique des autres enseignants, ainsi qu’aux processus de réingénierie.

De plus, le renseignement des métadonnées ne doit pas être ressenti comme un travail long, rébarbatif et fastidieux. Des mécanismes pour l’automatiser, pour propager les métadonnées qui sont déjà connues doivent être mis en place afin que la quantité de métadonnées à saisir par les utilisateurs soit la plus faible possible.

⁷ SILO : Search and Index Learning Object

⁸ CMS : Content Management System

⁹ LMS : Learning Management System

1.5 - Organisation du mémoire

L'introduction présentant le contexte de nos travaux précède une partie consacrée à l'état de l'art, une partie visant à définir le cycle de vie générique et les services assurant sa mise en œuvre, et enfin une partie décrivant les implémentations réalisées.

Avant d'entrer dans le vif du sujet et d'aborder le cycle de vie, le chapitre 2 revient sur la définition et les caractéristiques de l'objet pédagogique ainsi que des métadonnées qui servent à le décrire.

Le chapitre 3 est consacré aux différents systèmes impliqués : les logiciels auteurs, les viviers de connaissances et les plates-formes d'apprentissage. A quoi servent-ils ? Quels sont les différents acteurs qui interviennent sur ces systèmes ? Les objets pédagogiques sont-ils décrits de la même manière dans ces différents systèmes ? Nous exposons également les travaux relatifs à la virtualisation des objets pédagogiques [Broisin, 2006] qui facilitent les échanges entre viviers de connaissances et plates-formes d'apprentissage.

Le chapitre 4 est dédié aux différentes approches existantes du cycle de vie, définies tout d'abord dans l'industrie, et qui sont ensuite relatives à l'objet pédagogique. Ces approches, toutes mises en place dans des contextes particuliers pour des besoins spécifiques, sont comparées afin d'en extraire avantages et inconvénients.

Le chapitre 5 s'intéresse à la description de l'objet pédagogique, plus particulièrement aux informations nécessaires permettant d'assurer le suivi de l'OP dans son cycle de vie, ainsi qu'à la prise en charge de ces informations par les principaux standards. Les métadonnées ne sont pas seulement saisies, elles peuvent également être extraites à partir des logiciels auteurs ou faire l'objet de mécanismes de propagation ou d'accumulation.

La première partie se termine par le chapitre 6 qui synthétise les différents verrous à lever.

Dans la seconde partie sont présentées la définition d'un cycle de vie générique de l'objet pédagogique et de ses métadonnées ainsi que la mise en place de services permettant d'en assurer le suivi.

L'observation et l'analyse de multiples initiatives internationales effectuées lors du chapitre 4 nous permettent de présenter dans le chapitre 7 les étapes du cycle de vie générique après spécification d'une terminologie. L'application de ce cycle implique non seulement un

enrichissement des métadonnées mais aussi des mécanismes permettant de renseigner progressivement et de propager ces dernières au cours des différentes évolutions de l'OP.

Les services nécessaires à la mise en œuvre de ce cycle de vie sont présentés dans le chapitre 8. L'enrichissement de la virtualisation des objets pédagogiques permet (1) de représenter en 3 dimensions les relations entre OP et leurs évolutions tout en donnant une vision globale du cycle de vie et du positionnement de l'objet pédagogique par rapport à ses dépendances, (2) de favoriser la collecte des retours d'expériences, et (3) de maintenir la cohérence entre les objets pédagogiques exploités dans les plates-formes et leurs évolutions qui sont stockées dans les viviers de connaissances.

Dans la troisième partie, nous démontrons comment notre démarche peut être appliquée avec succès au sein du campus numérique « International E-Mi@ge » (IEM). L'extension du profil des métadonnées, présentée dans le chapitre 9, garantit la gestion du cycle de vie dans l'architecture existante et permet l'implémentation des nouveaux services. Le chapitre 10 détaille le cas du module « Répartition » enseigné dans le cadre des cours de réseaux aux étudiants de Mastère deuxième année. La production de ce module consolide la prise en compte du cycle de vie avec la mise en place d'assistants.

Une dernière partie nous permet de conclure et d'exposer les perspectives de nos travaux.

Partie I – Etat de l’art

Chapitre 2 - Objet pédagogique et métadonnées

2.1 - Introduction

Pour étudier convenablement le cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées, il est nécessaire dans un premier temps de bien comprendre ce qu'est un objet pédagogique, quelles sont les métaphores employées pour en faciliter la compréhension et quelles sont ses principales caractéristiques. L'une de ces caractéristiques, l'accessibilité, impose une description claire et exhaustive de l'OP par les métadonnées. La notion de métadonnée sera donc également approfondie.

2.2 - L'objet pédagogique

2.2.1 - Une définition qui ne fait pas consensus

Le terme « objet pédagogique » (*learning object* en anglais) est devenu d'usage courant à partir de 1994 lorsque Wayne Hodgins a baptisé le groupe de travail de l'association CEdMA¹⁰ : « Learning Architectures, APIs and Learning Objects ». Selon le groupe LTSC¹¹ de l'IEEE¹², un objet pédagogique est défini comme « toute entité, numérique ou non, qui peut être utilisée pour l'enseignement ou l'apprentissage » [IEEE-LTSC, 2002]. La définition est excessive, guère utilisable en pratique et montre toute la difficulté à définir clairement ce qu'est un objet pédagogique [Bourda, 2001]. En effet, un vidéoprojecteur ou un amphithéâtre répondent à la définition de l'objet pédagogique.

Dans ses travaux concernant la réutilisation, Strijker définit les objets pédagogiques comme des « entités numériques, utilisables et réutilisables dans différentes situations pédagogiques » et exclut de fait les entités non numériques telles que les livres de bibliothèque [Strijker, 2004]. L'Université du Wisconsin les définit comme de « petites unités d'apprentissage autonomes en ligne. Ils sont suffisamment petits pour être intégrés à une activité pédagogique, une leçon, un module ou un cours. » [Wisc-Online, 2007]. Cette

¹⁰ CEdMA: Computer Education Managers Association

¹¹ LTSC : Learning Technology Standards Committee

¹² IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

définition est encore plus restrictive car elle exclut tout ce qui n'est pas « petit ». David Wiley va jusqu'à dire qu'il y a autant de définitions du terme « objet pédagogique » que de personnes qui l'utilisent [Wiley, 2002]. De plus, l'emploi des termes « objets de connaissance », « documents pédagogiques », « ressource », « matériel pédagogique », ... ajoute à la confusion.

Ce grand nombre de définitions peut s'expliquer par les tensions présentes autour du concept d'objet pédagogique [Pernin, 2003] et illustrées par la figure 4. Au niveau économique, il s'agit de diminuer les coûts de production sans pour autant diminuer la qualité. Cela implique d'avoir des composants réutilisables et partageables. Au niveau pédagogique, le développement conséquent de la formation tout au long de la vie et la mise en place de parcours individualisés à la carte nécessitent d'avoir des composants réutilisables et surtout adaptables. Enfin au niveau technique, l'intérêt de l'approche par objet, largement mise en avant dans le développement informatique, n'est plus à démontrer ; elle rend possible la réutilisation de composants dans de multiples contextes.

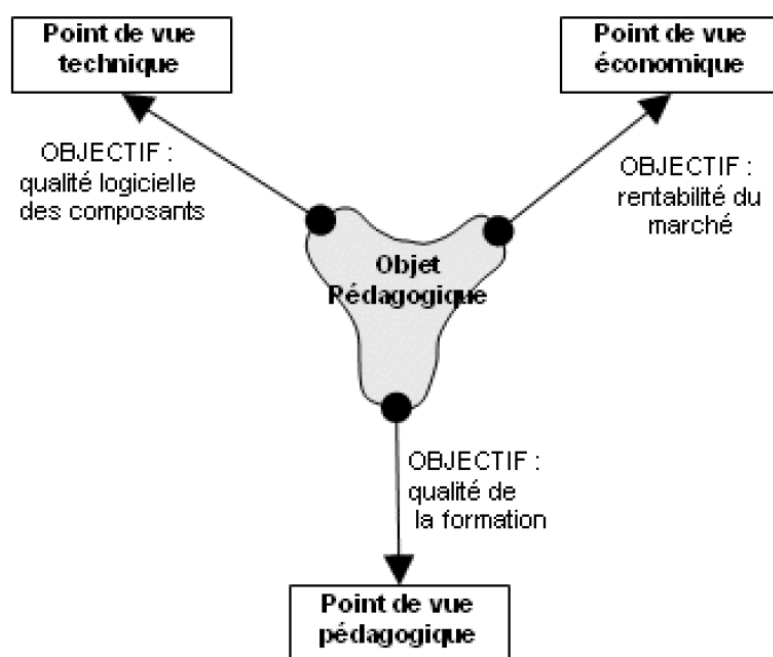


Figure 4. L'objet pédagogique, un concept au centre de fortes tensions [Pernin, 2003]

Selon [Pernin, 2003], « il existe trois principales classes d'objets pédagogiques :

- les Unités d'Apprentissage qui permettent de structurer la formation et de l'organiser dans l'espace et dans le temps ;
- les Activités Pédagogiques qui définissent les modalités précises d'acquisition, de validation ou de communication d'une ou plusieurs connaissances ;

- les Ressources Pédagogiques, physiques ou numériques, nécessaires à la réalisation des activités. »

La prise en compte des activités pédagogiques est issue des réflexions de Koper : selon lui, les objets de connaissance ne constituent pas le concept-clé de la réussite d'un environnement d'apprentissage, ce sont davantage les activités qui occupent une place centrale [Koper, 2000]. Ces réflexions ont donné lieu à la mise en place d'un standard spécifique aux activités pédagogiques (le terme « scénario pédagogique » est également employé) : IMS-LD [IMS, 2003]. Notre étude ne porte pas sur les activités d'apprentissage, la façon de concevoir cette classe d'objet pédagogique faisant plus appel à des compétences en matière de scénarisation pédagogique que de définition de contenu. Néanmoins, les Unités d'Apprentissages et surtout les Ressources Pédagogiques sur lesquelles se focalisent nos travaux, restent des éléments importants utilisés au sein d'un nombre important d'activités d'apprentissage.

Afin d'approfondir le concept d'objet pédagogique, sans aller jusqu'à donner une n-ième définition, nous présentons dans la section suivante les métaphores utilisées pour en faciliter la compréhension, avant de décrire ses principales caractéristiques.

2.2.2 - Métaphores

C'est en observant ses enfants en train de jouer au LEGO™ que Wayne Hodgins rêva d'un monde où tous les « contenus » existent à la bonne et à la plus petite taille possible tout comme les blocs du jeu [Hodgins, 2002]. Le principe est illustré sur la figure 5 : à gauche de la figure sont créés de petits morceaux pédagogiques (des granules) qui correspondent à des morceaux de texte, des figures, des graphes, des diaporamas, de petites séquences vidéos, etc. Il est alors possible de les combiner entre eux pour créer des entités plus conséquentes (par exemple une page en ligne permettant de présenter un concept) ; ces mêmes entités peuvent être elles-mêmes combinées pour créer une leçon, puis un cours, jusqu'à obtenir un cursus complet. Par analogie, avec quelques pièces de LEGO™, il est possible de créer des pièces aussi complexes qu'une voiture, un château ou une navette spatiale. La métaphore s'applique également lorsque chaque pièce de LEGO™ est réutilisée pour construire autre chose : les granules peuvent eux aussi être réutilisés dans d'autres contextes. Même si cette métaphore reste encore largement usitée, elle montre quelques faiblesses car elle sous-entend par son côté ludique et enfantin que les granules peuvent être assemblés n'importe comment, pour faire n'importe quoi, et que n'importe qui saurait les utiliser [Wiley, 2002].

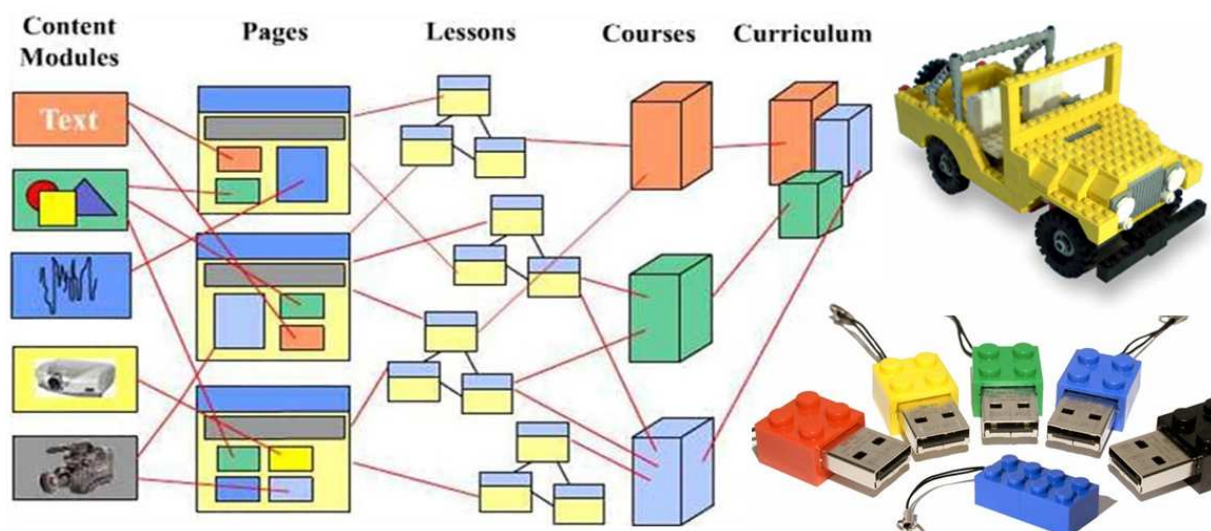


Figure 5. La métaphore du jeu de LEGO™

La métaphore de la matière est alors apparue pour amoindrir ces faiblesses [Wiley, 2002]. L'objet pédagogique de granularité fine est représenté par un atome ; les atomes sont réutilisables et peuvent se rassembler pour former des molécules plus ou moins complexes. Cette métaphore a deux avantages par rapport à celle du jeu :

- 1 - manipuler un atome nécessite des compétences, un savoir-faire ;
- 2 - les atomes ne peuvent pas se combiner entre eux n'importe comment.

Ces métaphores sont intéressantes car elles facilitent la compréhension du concept d'objet pédagogique. Elles exhibent un certain nombre de caractéristiques qui sont approfondies dans la partie suivante.

2.2.3 - Les caractéristiques de l'objet pédagogique

2.2.3.a - L'intention pédagogique

Selon [Polsani, 2003], pour obtenir le statut d'objet pédagogique, il est indispensable d'avoir une intention pédagogique. Regarder le tableau Guernica de Picasso dans un musée peut procurer de nombreuses émotions ou réactions. Le même tableau présenté dans un cours d'histoire de l'art ne sera pas considéré de la même manière car il y a alors autour de ce tableau une intention pédagogique qui en facilite la compréhension. L'utilisateur n'est plus observateur, mais apprenant.

2.2.3.b - La granularité

La métaphore du jeu de LEGO™ a fait apparaître la notion de granularité. Les objets pédagogiques les plus petits, ou les granules, représentent des éléments bruts tels qu'une

simple phrase, un paragraphe explicatif, une figure, une animation, etc. Quelle est la taille maximale d'un OP ? Le groupe LTSC de l'IEEE décrit les OP jusqu'au cursus complet [IEEE-LTSC, 2002]. La société Autodesk définit 5 niveaux de granularité différents [Hodgins, 2002] :

- l'élément brut de données, au niveau de granularité le plus bas, correspond à des éléments de contenu situés purement au niveau des données ;
- l'objet d'information se focalise sur une information simple. Il peut servir à expliquer un concept, illustrer un principe ou décrire une procédure ;
- l'objet d'application est un ensemble d'objets d'information qui se focalisent sur un objectif pédagogique unique ;
- l'assemblage s'étend à des objectifs pédagogiques plus larges, il correspond aux leçons ou aux chapitres ;
- la collection, au niveau de granularité le plus élevé, correspond à des cours ou même à des cursus.

2.2.3.c - La réutilisabilité

Dès 1965, Nelson établit un cadre permettant de construire du contenu à partir d'objets réutilisables issus de bibliothèques électroniques interconnectées [Nelson, 1965]. L'idée de composants réutilisables peut être appliquée au monde éducatif : une fois créé, un OP doit pouvoir servir dans différents contextes pédagogiques. Ces composants doivent être autonomes ; ils peuvent être produits séparément, mais doivent pouvoir être modifiés pour correspondre aux besoins des utilisateurs.

CISCO définit une stratégie pour des objets pédagogiques réutilisables (RLO¹³) dans laquelle des objets d'information réutilisables (RIO¹⁴) servent de base [Barrit et Lewis, 1999]. Les RIO sont constitués par une combinaison d'éléments de contenus, d'exercices, et d'évaluations. Chaque RLO, composé de 5 à 9 RIO, est basé sur un unique objectif et correspond généralement à une leçon qui peut être intégrée dans un module (voir figure 6). Un pré-test permet à l'utilisateur de s'assurer qu'il a bien les connaissances requises pour aborder le RLO ; un post-test lui permet de vérifier, en fin d'apprentissage, les connaissances acquises. Un même RIO peut être réutilisé dans plusieurs RLO, tout comme un RLO spécifique peut être réutilisé dans plusieurs modules. Dans l'approche RLO/RIO de CISCO,

¹³ RLO : Reusable Learning Object

¹⁴ RIO : Reusable Information Objects

qui est essentiellement appliquée dans le monde professionnel, les savoir-faire priment sur les savoirs.

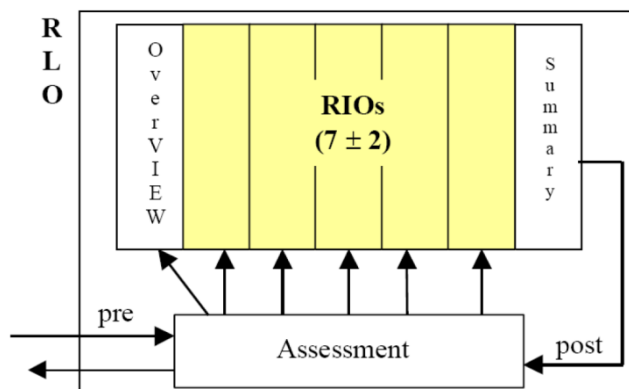


Figure 6. Les objets pédagogiques réutilisables selon CISC [Barrit et Lewis, 1999].

Cependant, en faisant allusion au retour sur investissement (ROI¹⁵), [Baumgartner, 2004] soulève le paradoxe de la réutilisabilité de l'objet et de la pédagogie (ROI devient alors *Reusability Object and Instruction*) : les objets pédagogiques de petite granularité sont dénués de contexte et sont facilement réutilisables, alors que les objets pédagogiques de forte granularité sont très contextualisés pour des raisons pédagogiques et deviennent de fait très difficiles à réutiliser.

2.2.3.d - L'agrégation

Un objet pédagogique peut certes être réutilisé tel quel (*black box reuse*), mais il peut aussi être créé par agrégation d'autres objets pédagogiques de granularité plus fine. Il répond ainsi au besoin d'appropriation de la part de l'enseignant, et de mise en contexte pour répondre aux besoins spécifiques du public cible d'apprenants. Comme le montre la figure 7, l'agrégation n'est pas limitée à un assemblage d'objets pédagogiques existants : elle peut aussi intégrer un objet B modifié et un objet D créé pour l'occasion.

¹⁵ ROI : Return Of Investment

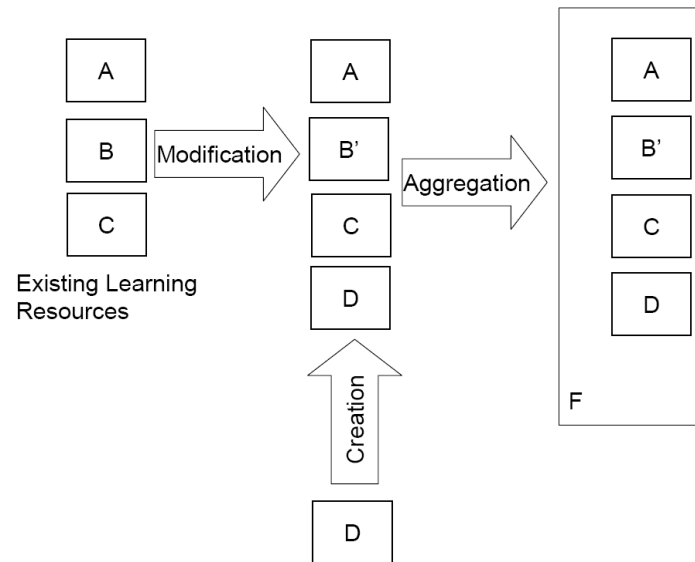


Figure 7. Le principe d'agrégation [Steinmetz et Rensing, 2005]

Steinmetz et Rensing vont même beaucoup plus loin dans l'utilisation de l'agrégation en appliquant le principe de réadaptation [Steinmetz et Rensing, 2005]. Sur la figure 8, l'objet E est réadapté en un objet F : il est tout d'abord décomposé (ou segmenté) en sous-objets A, B, C et D. Les objets A et C sont ensuite modifiés, l'objet D est écarté, la recomposition finale de l'objet F est accompagnée d'une modification de sa navigation.

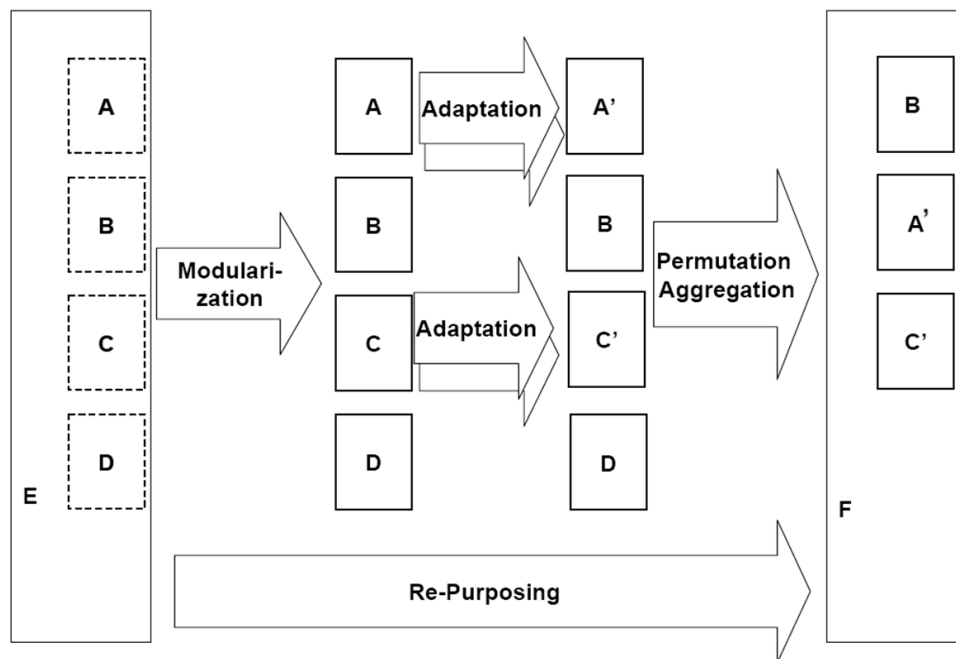


Figure 8. Le principe de la réadaptation [Steinmetz et Rensing, 2005]

2.2.3.e - L'accessibilité

Il est indispensable de pouvoir retrouver facilement un objet pédagogique ; il doit être étiqueté avec des métadonnées pour être stocké et référencé dans une base de données. Ce processus est appelé « indexation ». L'accès à un OP est efficace lorsque le coût engendré par sa recherche en vue de sa réutilisation est inférieur au coût nécessaire pour créer un OP équivalent. L'OP doit être diffusé le plus largement possible, ce qui rend nécessaire la possibilité d'échanger et de communiquer entre les systèmes de stockage. La qualité et la quantité des métadonnées jouent également un rôle important.

2.2.3.f - L'interopérabilité

Enfin, un objet pédagogique doit être autonome, c'est-à-dire indépendant du support de diffusion et de la plate-forme d'apprentissage. Cela soulève la notion d'interopérabilité qui passe nécessairement par la mise en place de standards et de normes.

Depuis 1996, le groupe LTSC de l'IEEE développe au niveau international des standards et des guides de bonnes pratiques concernant les technologies liées à l'apprentissage. Parmi ces travaux, le standard LOM¹⁶ [IEEE-LTSC, 2002] est le plus reconnu. Il définit une structure garantissant l'interopérabilité de la description d'un objet pédagogique. Au niveau national, l'AFNOR¹⁷ a créé le groupe de travail « Technologies de l'information pour l'éducation, la formation et l'apprentissage » qui est à l'origine du LOM-FR, une adaptation française du LOM. Au niveau international, le groupe de travail SC36 de l'ISO¹⁸ travaille actuellement sur le MLR¹⁹, une norme elle aussi issue du LOM.

A l'échelon européen, le CEN²⁰ a créé le groupe de travail ISSS²¹ qui a défini la spécification SQI²². Elle concerne une API²³ permettant de rechercher des objets pédagogiques dans des viviers de connaissances hétérogènes. Cette spécification est complétée par le réseau d'excellence européen PROLEARN avec la définition de la

¹⁶ LOM : Learning Object Metadata

¹⁷ AFNOR : Agence Française de Normalisation

¹⁸ ISO : International Organization for Standardization

¹⁹ MLR : Metadata for Learning Resource

²⁰ CEN : Comité Européen de Normalisation

²¹ ISSS : Information Society Standardization System

²² SQI : Simple Query Interface

²³ API : Application Program Interface

spécification SPI²⁴ établissant un protocole entre applications qui permet de déposer un objet pédagogique dans un vivier de connaissances [PROLEARN, 2008].

Pour finir, l'organisme ADL²⁵ est à l'origine de SCORM²⁶, une suite de spécifications techniques qui permettent de déployer de manière standardisée des OP sur les plates-formes pédagogiques et d'échanger des informations avec ces dernières [ADL, 2004].

Nous reviendrons sur ces spécifications dans le chapitre 3.

La première partie de ce chapitre a montré toute la difficulté à établir un consensus autour de la notion d'objet pédagogique. Paradoxalement, il est plus facile d'indexer un OP avec des métadonnées que de le définir clairement [Bourda, 2001]. La section suivante approfondit la notion de métadonnée et aborde les standards et normes utilisés pour décrire un objet pédagogique.

2.3 - Définition et caractéristiques des métadonnées

Littéralement les métadonnées sont des données représentant d'autres données, c'est-à-dire des informations décrivant un objet [IEEE-LTSC, 2002]. Elles sont représentées par un ensemble de descripteurs et peuvent être structurées à l'aide d'un schéma de métadonnées. Selon [Simard, 2002], les métadonnées « sont des informations ajoutées à un texte ou un logiciel afin de donner des informations sur son contenu. » Dans le cas d'un fichier informatique par exemple, le nom, la taille et la date de création représentent des métadonnées de ce fichier. Les métadonnées assurent plusieurs fonctions [NISO, 2004] :

- l'identification de manière unique d'une ressource ;
- la découverte de ressources. Ces dernières peuvent être recherchées à partir de critères, elles peuvent être identifiées, localisées, rassemblées autour de critères communs ;
- l'organisation des ressources par audience ou par sujet ;
- l'interopérabilité grâce à des descriptions pouvant être comprises aussi bien par un humain que par une machine, grâce aux processus de standardisation qui y sont associés ;
- la garantie de l'archivage et de la préservation de la ressource en s'assurant que cette dernière ne tombera pas dans l'oubli et qu'elle continuera à être accessible dans le futur.

²⁴ SPI : Simple Publishing Interface

²⁵ ADL : Advanced Distributed Learning

²⁶ SCORM : Sharable Content Object Reference Model

Les métadonnées peuvent être utilisées pour décrire n'importe quelle donnée, objet, événement, ou personne dans le monde [Hodgins, 2002]. Les métadonnées objectives décrivent des propriétés physiques telles que la date, l'auteur, les identifiants, etc. ; elles peuvent la plupart du temps être générées automatiquement [Cardinaels et al., 2005]. Les métadonnées subjectives correspondent à des attributs plus variables et importants, et sont déterminées par une personne ou un groupe. L'utilisation répétée des mêmes attributs est très utile dans le cas des métadonnées subjectives car elle permet par exemple de collecter plusieurs opinions pour un même objet pédagogique.

Selon [Greenberg, 2002], les métadonnées sont des données structurées à propos d'un objet qui supportent des fonctions associées à cet objet. Dans un contexte pédagogique, les métadonnées doivent concourir à l'apprentissage en facilitant la recherche d'OP à partir de critères didactiques, en facilitant sa mise en œuvre, etc. Elles permettent aux systèmes, aux applications et aux utilisateurs de gérer et d'atteindre un OP sans avoir à interagir avec lui [Nilsson et al., 2008].

Selon [Duval et al., 2002], les métadonnées doivent présenter les quatre caractéristiques suivantes :

1 - la modularité permet de combiner des fragments provenant de différents schémas de métadonnées établis ou de différents vocabulaires en évitant toute ambiguïté ou incompatibilité. Les espaces de nommage servent à déterminer l'origine de l'ensemble des éléments de métadonnées qui sont alors liés par des règles et des conventions déterminées par un organisme de maintenance spécifique.

2 - l'extensibilité donne la possibilité de créer des ajouts structurels aux schémas de métadonnées de base pour des applications spécifiques ou des besoins spécifiques d'une communauté d'utilisateurs.

3 - le raffinement donne la possibilité de créer des extensions sémantiques. Dans le cadre d'une application spécifique les termes illustrateur, auteur, sculpteur, etc. pourront être utilisés à la place du terme plus général « créateur ». Le raffinement permet aussi de préciser le format utilisé pour exprimer une date ou autorise l'emploi d'un vocabulaire contrôlé comme par exemple la classification décimale de Dewey [Open Computer Library Center, 2007].

4 - le multilinguisme rend possible l'expression des métadonnées dans différentes circonstances linguistiques ou culturelles. Il faut ici faire la distinction entre ce qui doit être lu par un utilisateur et ce qui doit être traité informatiquement.

Plusieurs initiatives de standardisation ont vu le jour au cours de ces dernières années tout en prenant en compte les différentes caractéristiques des métadonnées présentées ci-dessus. La section suivante est consacrée aux standards et normes les plus aboutis qui permettent de décrire un objet pédagogique. Les informations nécessaires au suivi de l'OP seront développées dans le chapitre 5. Nous comparerons également dans ce chapitre les différentes initiatives de standardisation en nous focalisant sur la prise en compte de ces informations.

2.4 - Standards et normes pour la description des objets pédagogiques

2.4.1 - Dublin Core

En 1995, l'OCLC²⁷ et le NCSA²⁸ tiennent un *workshop* à Dublin dans l'Ohio. Des discussions émergeront un standard, en perpétuelle évolution – le Dublin Core – qui est maintenant géré par le DCMI²⁹. L'objectif initial était de définir un ensemble d'éléments simples et concis pouvant être utilisés directement par les auteurs pour décrire leurs propres ressources *web*, les documentalistes n'arrivant plus à cataloguer la prolifération de ressources électroniques. Le champ d'application de Dublin Core est maintenant étendu à d'autres types de ressources. Après de fortes réticences visant à garder une description la plus simple possible, des qualificatifs ont finalement été ajoutés en juillet 2000 aux descripteurs de départ. Ils permettent par exemple de préciser le format utilisé pour l'élément Date. Le Dublin Core est composé de 15 éléments présentés en annexe 1 [Dublin Core Metadata Initiative, 2008].

Tous les éléments de Dublin Core sont optionnels et peuvent être répétés et présentés dans n'importe quel ordre. Des vocabulaires contrôlés sont suggérés mais en aucun cas imposés.

Le Dublin Core, grâce à sa simplicité, est très utilisé. Il peut servir à décrire des objets pédagogiques bien que son champ d'application soit bien plus vaste. Sa simplicité devient alors une faiblesse car il ne permet pas de détailler suffisamment les propriétés d'un OP, y compris pour nos besoins vis-à-vis du cycle de vie. Néanmoins, par son antériorité historique

²⁷ OCLC : Online Computer Library Catalog

²⁸ NCSA : National Center for Supercomputing Applications

²⁹ DCMI : Dublin Core Metadata Initiative

et par sa généricité, il a largement inspiré un autre standard spécifique aux objets pédagogiques : le LOM.

2.4.2 - LOM

Le standard LOM³⁰, mis en place par l'IEEE³¹ en 2002 [IEEE-LTSC, 2002 ; Grandbastien, 2004] s'appuie en grande partie sur les travaux initiés par la fondation ARIADNE depuis 1997 [Duval et al., 2001] et permet de décrire un objet pédagogique à l'aide de métadonnées. Il est actuellement le plus utilisé pour favoriser le partage et la réutilisation d'OP. Son schéma de métadonnées comprend 9 catégories : Général, Cycle de vie, Méta-métadonnées, Technique, Pédagogique, Droits, Relation, Commentaire, Classification. La figure 9 offre une représentation de l'ensemble des descripteurs de la version 1.0 de ce standard.

Pour répondre aux besoins particuliers des utilisateurs, le standard LOM peut être spécialisé à travers des profils d'application. Certains d'entre eux sont étudiés dans la partie suivante.

2.4.3 - Les profils d'application du LOM

D'après [Duval et al., 2002], "un profil d'application est un ensemble d'éléments choisis parmi un ou plusieurs schémas de métadonnées et combinés dans un schéma composite. Son objet est d'adapter des schémas existants pour constituer un ensemble taillé à la mesure des exigences fonctionnelles d'une application particulière, tout en restant interopérable avec les schémas d'origine". La figure 10 montre que des profils d'application peuvent être construits en cascade à condition de garder la notion d'interopérabilité avec le schéma d'origine [Duval et al., 2006]. A titre d'exemple, le LOMFR [AFNOR, 2006] est le profil d'application français du LOM alors que le SupLOMFR³² est le profil d'application du LOMFR destiné aux institutions françaises de l'enseignement supérieur.

³⁰ LOM : Learning Object Metadata

³¹ IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

³² SupLOMFR : <https://suplomfr.supelec.fr/mediawiki/index.php/SupLOMFR>

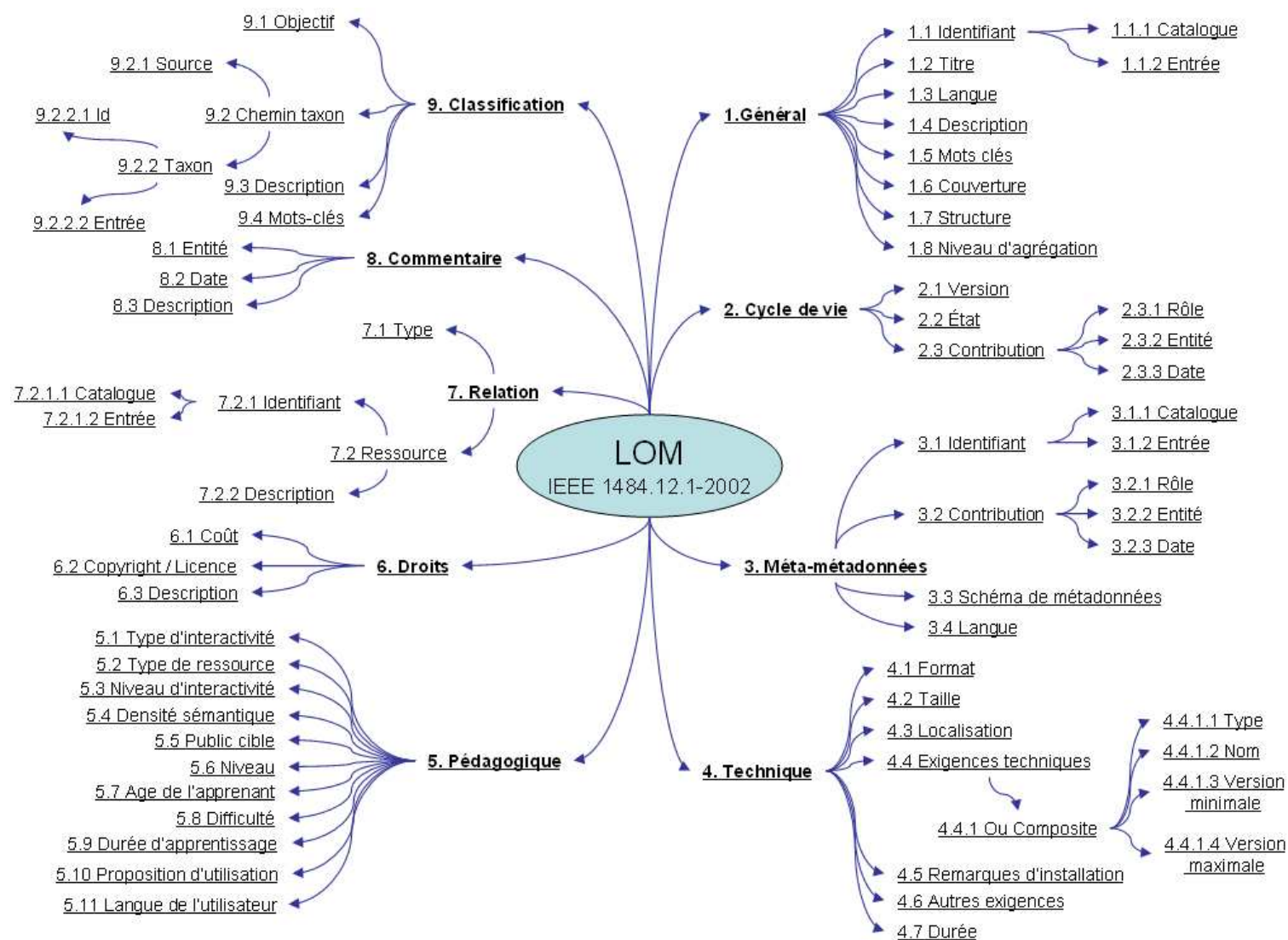


Figure 9. Le Standard LOM v1.0 [IEEE-LTSC, 2002]

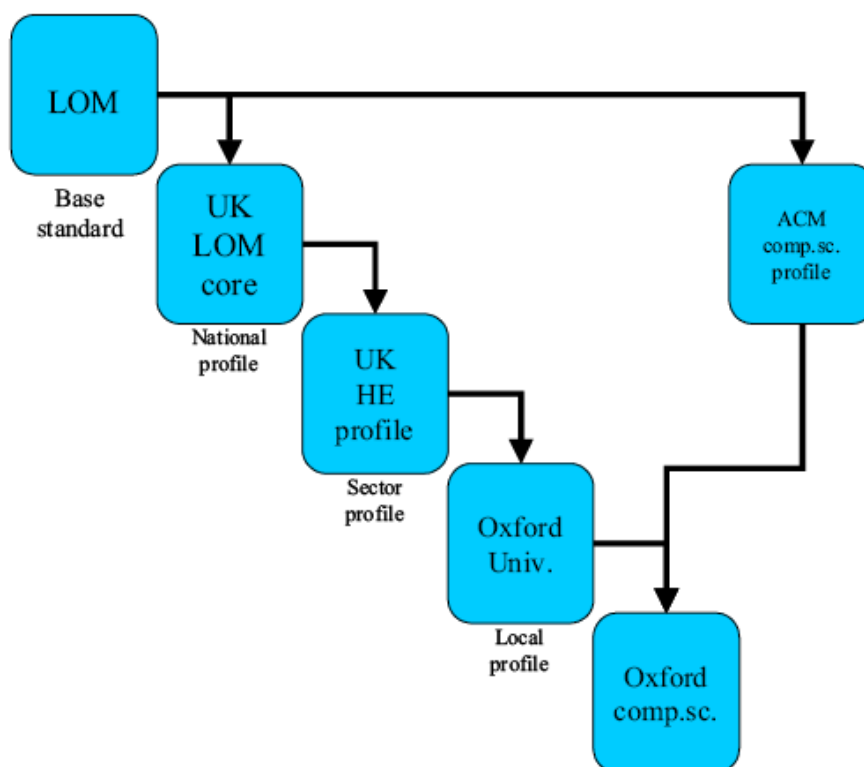


Figure 10. Exemple de construction de profils d'applications en cascade [Duval et al., 2006].

Notre étude porte sur des profils d'application reconnus, largement usités ou comportant des spécificités intéressantes vis-à-vis du suivi de l'OP :

- les profils canadiens CanCore [Friesen et al., 2003] et Normetic [CREPUQ et Novasys Inc., 2003],
- le profil intégré au modèle d'agrégation de contenus de SCORM [ADL, 2004],
- les profils européens ARIADNE [Najjar et Duval, 2003] et Celebrate [Celebrate, 2003],
- le profil du Royaume-Uni UK Core [UK Metadata for Education Group, 2004],
- et trois profils français LOM-FR [AFNOR, 2006], ManUeL [De la Passardière et Jarraud, 2004] et LOM-INSa [DOC'INSA, 2004].

2.4.4 - La future norme ISO MLR

Lorsqu'un standard a suffisamment été diffusé et utilisé, lorsqu'il arrive à maturation, un processus de normalisation est enclenché. A l'échelon international, ce processus est organisé par l'ISO. C'est ainsi que le standard Dublin Core est la source de la norme ISO

15836-2003. L'organisme de normalisation international travaille conjointement avec l'IEC³³ au sein du JTC1³⁴ consacré aux technologies de l'information. Il a mis en place un sous-comité technique SC36 dédié à l'apprentissage, l'éducation et l'enseignement dans lequel le groupe de travail WG4 se consacre à la mise en place de la future norme ISO/IEC 19788 MLR³⁵ dédiée à la description de ressources d'apprentissage. Adaptabilité culturelle, capacité d'extension, et interopérabilité sont au cœur des préoccupations du groupe de travail qui s'attache à réexploiter le Dublin Core et le LOM de manière à faciliter le passage à la future norme.

2.5 - Synthèse

Pour s'intéresser au cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées, il est nécessaire de bien définir ces 2 notions. Si la définition de l'objet pédagogique ne fait pas consensus, les métaphores du jeu de LEGOTM et de la matière en facilitent la compréhension. Prenant comme origine une intention pédagogique, l'OP sera d'autant plus facilement réutilisable que sa granularité sera fine ; son agrégation et sa réadaptation sont des mécanismes indispensables pour le contexte dans lequel il sera utilisé. Son interopérabilité garantit un fonctionnement identique quel que soit l'environnement. Enfin, un OP doit être accessible, ce qui est facilité par la description qui en faite par les métadonnées. Paradoxalement, un fort consensus est né autour de ces dernières avec l'émergence de standards reconnus comme le Dublin Core ou plus spécifiquement, le LOM. Néanmoins, ces standards permettent-ils de décrire un objet pédagogique de manière suffisamment efficace pour assurer son suivi au cours du cycle de vie ? Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre 5 après avoir défini les objectifs et informations nécessaires.

Le présent chapitre s'est focalisé sur l'objet pédagogique et sa description par les métadonnées. Le prochain chapitre s'intéresse à l'environnement dans lequel évolue l'OP, c'est-à-dire aux différents systèmes mettant en œuvre l'objet pédagogique. Le chapitre précède une présentation exhaustive de différentes approches du cycle de vie existantes.

³³ IEC : International Electrotechnical Committee

³⁴ JTC : Joint Technical Committee

³⁵ MLR : Metadata for Learning Resource

Chapitre 3 - Les principaux systèmes impliqués dans la formation en ligne

3.1 - Introduction

Ce chapitre est consacré aux principaux systèmes dans lesquels évolue l'objet pédagogique : les logiciels auteurs, les viviers de connaissances et les plates-formes d'apprentissage. A quoi servent-ils ? Qui les utilise ? Permettent-ils d'assurer le suivi des évolutions de l'OP au cours de son cycle de vie ?

Les travaux relatifs à la virtualisation des objets pédagogiques [Broisin, 2006] sont également exposés ; ils facilitent les échanges entre viviers de connaissances et plates-formes d'apprentissage.

3.2 - Les logiciels auteurs

3.2.1 - Une grande variété de types d'objets pédagogiques générés

Nous définissons un logiciel auteur comme tout type d'outil permettant de créer un objet pédagogique. Ce sont les premiers outils mis en jeu dans le cycle de vie de l'OP, lors de sa production.

Pour comprendre quels sont les outils utilisés, nous avons tout d'abord cherché à savoir quels sont les types d'objets pédagogiques qui peuvent être générés. Le vivier de connaissances MERLOT³⁶ offre une interface de recherche avancée permettant de connaître les OP stockés dans ce vivier pour un format de fichier donné. Le 2 Août 2008, 11952 objets pédagogiques ont pu ainsi être répartis par type de fichier. Les résultats sont représentés par la figure 11.

³⁶ MERLOT : Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching,
<http://www.merlot.org/>

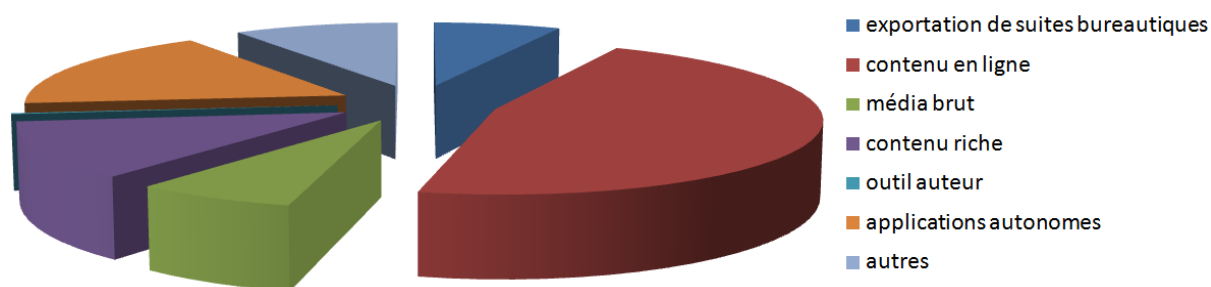


Figure 11. Types d'OP stockés dans MERLOT le 2 Août 2008

Les fichiers au format PDF³⁷, issus le plus souvent de l'extraction de suites bureautiques, représentent 863 OP (7%).

Les contenus en ligne (sites *web* en HTML³⁸ ou texte) sont les plus nombreux (5535 OP, 46%), et comprennent une trentaine d'OP aux formats émergents que sont les *blogs*³⁹ et les *wikis*⁴⁰.

Les média bruts, dont la répartition est représentée par la figure 12, représentent 852 OP (7%) de granularité fine pouvant donc facilement être réutilisés ou agrégés dans d'autres objets pédagogiques.



Figure 12. Répartition des média bruts dans MERLOT le 2 Août 2008

³⁷ PDF : Portable Document Format, format de fichier largement reconnu et diffusé qui préserve la mise en forme des documents

³⁸ HTML : HyperText Markup Language, format de données, reposant sur un langage de balisage, conçu pour représenter les pages web.

³⁹ Blog : système de publication web constitué par la réunion de notes ou d'articles classés par ordre chronologique.

⁴⁰ Wiki : système de gestion de contenus, utilisé pour faciliter l'écriture collaborative de documents, qui rend les pages web librement modifiables par les utilisateurs autorisés.

Les contenus riches (*rich media*) représentent 1456 OP (12%) dont la répartition est représentée par la figure 13. Le format Flash, créé par la société Macromedia, est le plus utilisé pour trois quarts d'entre eux.

Enfin, les applications autonomes (2072 OP, 17%) représentent une quinzaine de CD-ROM, des programmes exécutables et surtout des applets Java, alors que le vivier ne contient que 26 sources d'outils auteurs dédiés à la pédagogie (0,2%).

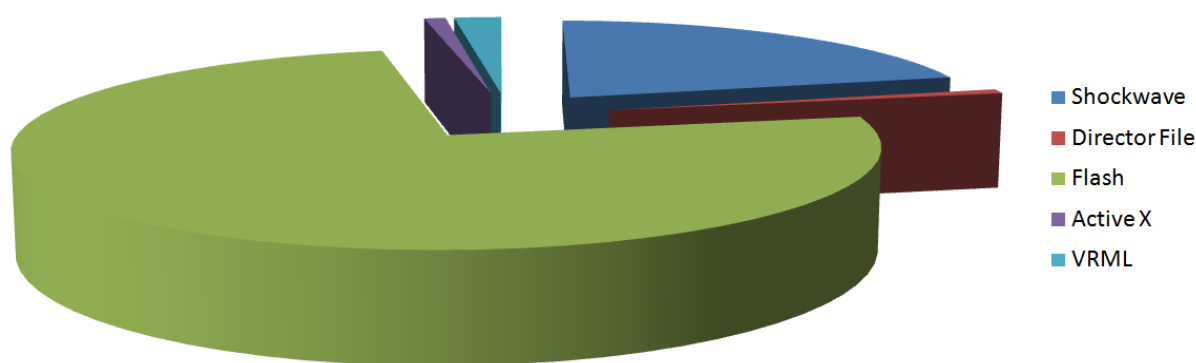


Figure 13. Répartition des contenus riches dans MERLOT le 2 Août 2008

L'interface SILO du vivier de connaissances européen ARIADNE permet quant à elle de retrouver les objets pédagogiques en fonction du type MIME⁴¹ du fichier correspondant. Au 4 Août 2008, le vivier contient 4801 objets pédagogiques. Les types de fichiers les plus représentés sont exposés dans le tableau 1. Les pages *web* sont à nouveau les plus nombreuses. Toutefois, en additionnant les documents au format PDF, les documents provenant d'un traitement de texte et les présentations assistées par ordinateur, ce sont les productions issues de suites bureautiques qui remontent en haut du tableau. Il est difficile de porter un avis sur les archives au format ZIP⁴², les fichiers qu'elles contiennent pouvant être de natures très variées ; elles montrent simplement une forte utilisation d'objets pédagogiques à granularité a priori élevée. L'utilisation est également élevée pour les média bruts diffusés sous forme d'image, ainsi que pour les contenus riches et les applications autonomes.

La connaissance de la répartition des formats des objets pédagogiques nous permet d'identifier les outils responsables de leur production et de l'importance qu'ils ont les uns par rapport aux autres.

⁴¹ MIME : Multipurpose Internet Mail Extensions, standard internet qui définit les types de contenus.

⁴² ZIP : format de fichier permettant la compression de données.

Quantité	Type MIME	Description
1656	text/html	Page <i>web</i>
1141	application/pdf	Document au format PDF
706	application/zip	Archive regroupant un ensemble de fichiers
585	application/msword	Document provenant d'un traitement de texte
539	application/powerpoint	Présentation assistée par ordinateur
337	image/gif	Image au format GIF ⁴³
241	image/jpeg	Image au format JPEG ⁴⁴
163	application/toolbook	Animation générée par un outil multimédia
87	application/octet-stream	Application autonome

Tableau 1. Types d'objets pédagogiques les plus représentés dans le vivier de connaissances ARIADNE

3.2.2 - Une grande variété d'outils utilisés pour la production

La correspondance entre les types d'objets pédagogiques diffusés et les outils responsables de leur création est représenté par la figure 14.

De nombreux auteurs commencent par réaliser des documents pédagogiques à l'aide d'outils qu'ils ont l'habitude d'utiliser tous les jours, à savoir des outils de bureautique tels que le traitement de texte ou un logiciel de présentation assisté par ordinateur. Ces outils sont maîtrisés par un nombre d'utilisateurs de plus en plus grand, surtout depuis qu'ils font partie du programme du C2I⁴⁵ niveau 1 mis en place par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche pour les étudiants des cursus Licence. Pour éviter d'utiliser un format de fichier propriétaire et favoriser la diffusion de leur document, les auteurs exportent leur OP au format PDF.

Tout aussi abordables grâce à leur interface WYSIWYG⁴⁶, des éditeurs de contenu en ligne tels que les Systèmes de Gestion de Contenu, les *wikis* ou les *blogs* permettent de créer facilement des sites *web*.

⁴³ GIF : Graphics Interchange Format, format d'image numérique couramment utilisé sur le web.

⁴⁴ JPEG : Joint Photographic Experts Group, norme ouverte de compression d'images numériques.

⁴⁵ C2I : Certificat Informatique et Internet, <http://www.c2i.education.fr/>

⁴⁶ WYSIWYG : What You See Is What You Get, le résultat sera conforme à l'affichage obtenu pendant l'édition

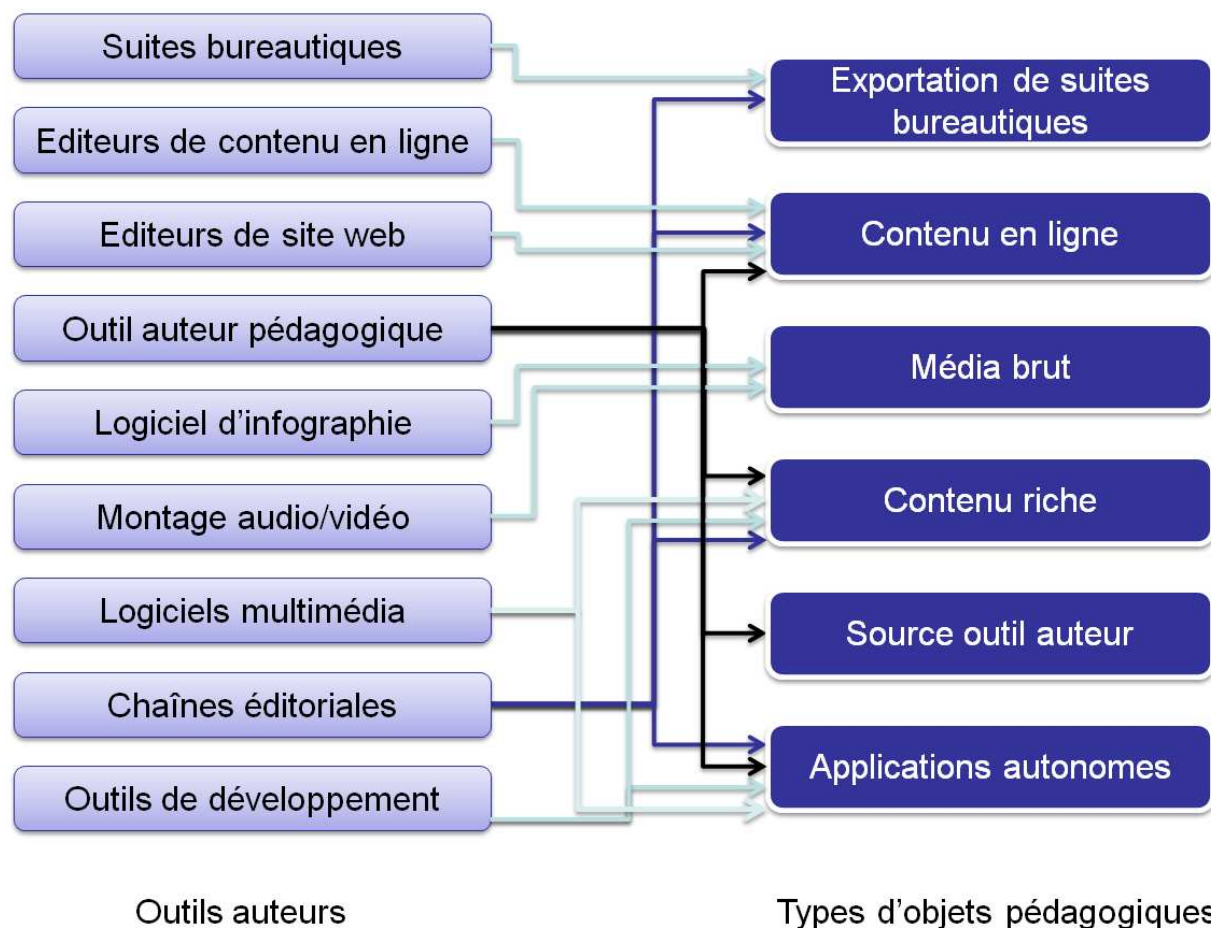


Figure 14. Outils permettant de produire des objets pédagogiques

La création de contenus en ligne est également réalisée à l'aide d'éditeurs de sites *web* tels qu'*Adobe Dreamweaver* ou *Microsoft FrontPage*. Il n'est pas nécessaire de connaître le langage HTML mais il faut tout de même installer l'application adéquate sur son poste de travail et savoir transférer les fichiers générés chez un hébergeur.

Des outils auteurs tels qu'*Adobe Authorware* ou *elearning maker* de la société *e-doceo* sont dédiés à la production pédagogique. Ils nécessitent de la part des auteurs un moment d'appropriation avant de pouvoir créer un contenu en ligne, du contenu riche sous forme d'animation Flash ou un CD-ROM. Il n'est d'ailleurs pas rare de voir les auteurs confier cette tâche aux concepteurs multimédia. La diffusion des fichiers sources est plus rare car elle correspond à un format de fichier propriétaire. L'intérêt de ce genre d'outil par rapport aux précédents réside dans la mise à disposition de modèles de documents dédiés à l'apprentissage et surtout dans la réalisation d'exercices d'évaluation ou d'auto-évaluation pour les apprenants. La navigation dans la ressource est souvent induite par les résultats aux tests.

Comme les auteurs ont souvent besoin d'illustrations pour égayer leurs documents, ils peuvent réutiliser des figures existantes ou utiliser un outil de capture d'écran pour générer des illustrations (en veillant au respect des droits d'utilisation), mais bien souvent dans une démarche professionnelle ils font appel à un graphiste pour créer ce qui leur manque.

Les spécialistes de l'audio-visuel viennent en aide dès que le besoin d'une bande son ou d'une séquence vidéo se fait sentir.

Les concepteurs multimédia sont compétents dans l'utilisation d'outils tels que *Director* ou *Flash* de la société *Adobe* pour créer des contenus riches sous forme d'animations *Flash* ou *Shockwave* ou sous forme de CD-ROM.

Les chaînes éditoriales se caractérisent par une séparation entre le fond et la forme [Crozat, 2002], ce qui leur procure une capacité de création multi-cible. Une seule action suffit pour créer à la fois un document au format PDF, un contenu en ligne au format HTML, une animation *Flash* et un CD-ROM. Le coût d'une modification est également moindre avec une chaîne éditoriale qu'avec une approche plus classique. Cependant, la séparation fond/forme implique, comme le montre la figure 15, une édition du contenu qui n'est pas WYSIWYG, ce qui est déroutant pour de nombreux utilisateurs. De plus, l'outil est difficile à aborder pour des non-spécialistes.

Enfin, la dernière famille d'outils auteurs est réservée aux développeurs informatiques car elle nécessite des compétences en programmation. Le résultat de leur développement est compilé pour générer des programmes exécutables autonomes, des applets Java ou des animations ActiveX.

Nous constatons donc une multiplicité des types d'objets pédagogiques créés à l'aide d'un grand nombre d'outils auteurs. Au long du cycle de vie de l'OP, les acteurs concernés par la création (production) puis par la modification (réingénierie) sont nombreux compte tenu des multiples compétences requises.

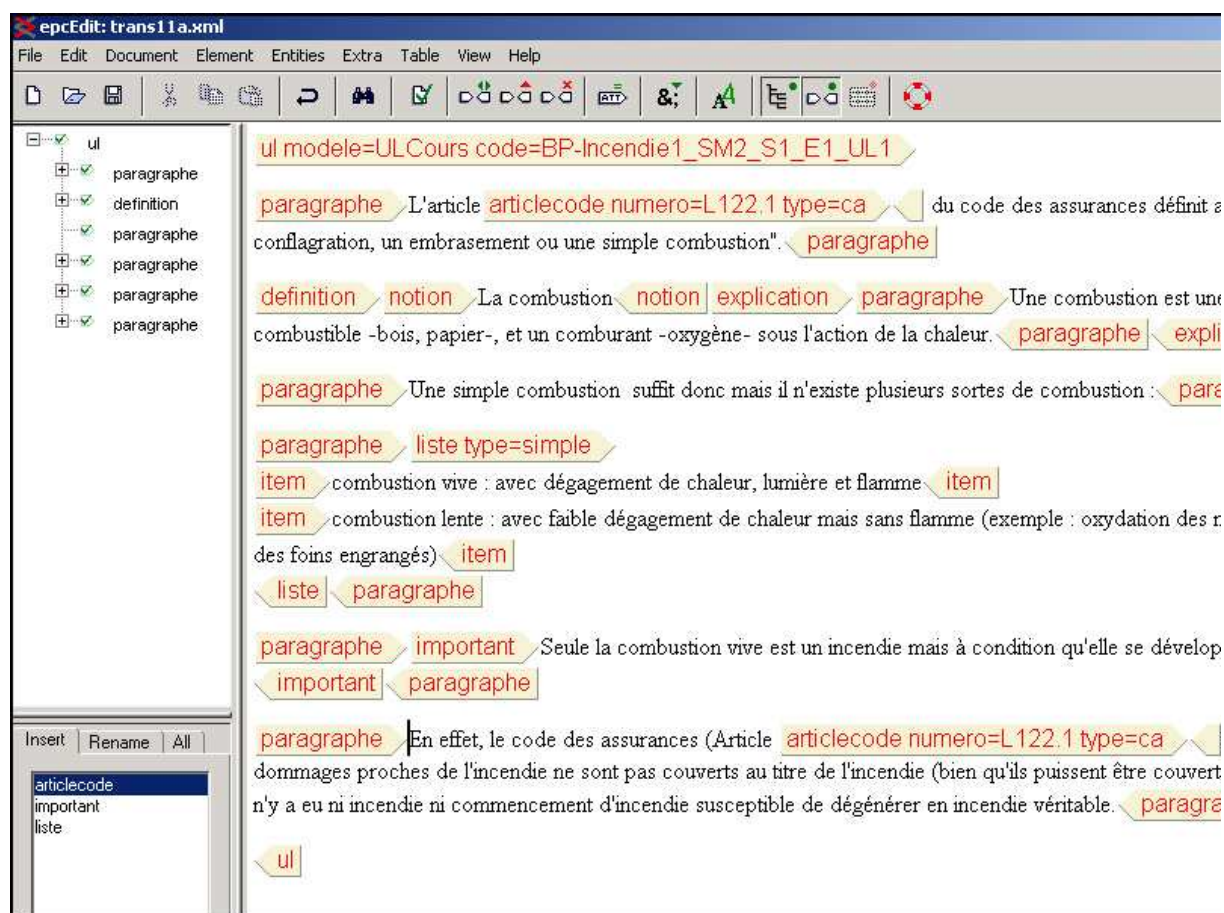


Figure 15. Exemple d'édition de contenu dans une chaîne éditoriale [Crozat, 2002]

Si l'objet pédagogique évolue au départ au sein des logiciels auteurs, il est également stocké et partagé dans les viviers de connaissances. La partie suivante présente cet autre système.

3.3 - Les viviers de connaissances

3.3.1 - Objectif et intérêt des viviers de connaissances

L'objectif principal d'un vivier de connaissances concerne le stockage d'un objet pédagogique afin d'en assurer son partage et sa réutilisation. L'OP est recherché à partir de mots-clés et éventuellement d'autres critères pour être exploité ou adapté aux besoins spécifiques des utilisateurs.

L'indexation consiste à décrire l'objet pédagogique. Même si nous avons montré ci-dessus que des métadonnées peuvent être générées à partir du document source, plusieurs organismes préfèrent confier cette tâche à un documentaliste plutôt qu'aux auteurs. La qualité de la description est en effet déterminante pour les utilisateurs qui recherchent un objet

pédagogique correspondant à leurs besoins dans le vivier de connaissances. Ce dernier joue un rôle important pour les enseignants éditeurs. Ils y trouveront les ressources nécessaires pour le cours qu'ils doivent créer sur une plate-forme pédagogique (nous approfondirons ce dernier système dans la partie suivante).

Pour que le vivier de connaissances soit utilisé, il y a nécessité d'atteindre une masse critique d'objets pédagogiques. En effet, les recherches des utilisateurs seront d'autant plus efficaces et rentables si le coût engendré par ces recherches est inférieur au coût nécessaire pour produire un OP équivalent.

Deux types de viviers de connaissances coexistent :

- les viviers de documents (ou LOR⁴⁷) qui stockent à la fois le document numérique et les métadonnées correspondantes. Ils répondent par exemple à l'initiative canadienne eduSource⁴⁸ ou à l'initiative européenne ARIADNE⁴⁹ ;
- et les viviers de références (ou LOF⁵⁰) qui ne stockent que les métadonnées, le document cible étant retrouvé à partir d'une URL⁵¹. Ils correspondent par exemple aux initiatives MERLOT, EdNA⁵², NIME⁵³, ou EducaNext⁵⁴.

Les premiers ont pour inconvénient la nécessité d'une capacité de stockage plus importante, alors que les seconds prennent le risque dans le temps d'avoir des liens obsolètes vers les objets pédagogiques cibles, ou des problèmes d'intégrité dans les métadonnées lorsque l'OP cible est mis à jour à la même adresse.

De plus, les viviers sont jusqu'à maintenant utilisés essentiellement pour des objets pédagogiques prêts à l'emploi [UK Metadata for Education Group, 2004]. Cependant, nous avons montré que la production implique l'utilisation de nombreux outils, par de multiples acteurs aux compétences variées. Les viviers peuvent jouer un rôle fédérateur tout au long du cycle de vie en mettant à disposition des utilisateurs l'ensemble des évolutions d'un objet pédagogique donné. Ils permettent également de surmonter les lacunes des outils auteurs en

⁴⁷ LOR : Learning Object Repository

⁴⁸ eduSource : <http://www.edusource.ca/>

⁴⁹ ARIADNE : <http://www.ariadne-eu.org/>

⁵⁰ LOF : Learning Object reFeratory.

⁵¹ URL : Uniform Resource Locator, chaîne de caractères utilisée pour adresser les ressources du web.

⁵² EdNA : Education Network Australia, <http://www.edna.edu.au/>

⁵³ NIME : National Institute of Multimedia Education, <http://nime-glad.nime.ac.jp/>

⁵⁴ EducaNext : <http://www.educanext.org/>

termes de description, y compris pour le cycle de vie. Leur rôle fédérateur, nous allons le constater dans la section suivante, peut aussi être utilisé pour l'évaluation des objets pédagogiques.

3.3.2 - L'évaluation de l'Objet Pédagogique

La qualité représente un intérêt croissant dans le domaine de la recherche comme le montre le nombre de travaux et d'outils qui y sont consacrés [Coit & Stöwe, 2006 ; Gehringer, 2003 ; Sarasa Cabezuelo & Dodero Beardo, 2004]. Nos travaux se focalisent sur les critiques des pairs et les commentaires des utilisateurs collectés durant les retours d'expériences. Ils ne représentent qu'une partie de l'approche qualité d'un dispositif d'apprentissage et doivent être considérés comme une évaluation sommative d'objets pédagogiques prêts à l'emploi. Nos travaux incluent également les suggestions d'utilisations qui vont aider les enseignants à construire leur scénario pédagogique.

3.3.2.a - Les systèmes actuels de critique et de relecture

Un système tel que MémoNote [Azouaou & Desmoulins, 2006] fournit aux enseignants une mémoire personnelle composée des commentaires qu'ils ont fait sur les documents pendant leurs diverses activités d'enseignement. Cependant, ces commentaires ne sont pas ajoutés dans un vivier de connaissances et ne peuvent donc pas être partagés largement. D'un autre côté, Boskic a remarqué que la plupart des viviers n'offrent pas de support pour l'évaluation qualitative ; certains incluent les critiques de la part de pairs et/ou autorisent les commentaires des utilisateurs [Boskic, 2003]. Le tableau 2 illustre les résultats d'une étude liée aux fonctionnalités de cinq viviers implémentant les évaluations d'OP.

Les critiques qualitatives ou les commentaires des utilisateurs sont tous présents, alors que les critiques quantitatives (avec par exemple, un barème sur 5 points) requises pour un tri qualitatif des OP [Vargo et al., 2003] ne sont pas mis en œuvre dans deux viviers. LORI [Kumar et al., 2005], MERLOT⁵⁵, et Wisconsin Online⁵⁶ font la distinction entre les différents types d'évaluateurs tels que l'expert du domaine, l'ingénieur pédagogique, l'apprenant, etc., et les critères utilisés pour l'évaluation des objets pédagogiques diffèrent d'un vivier à l'autre,

⁵⁵ MERLOT : Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching, <http://merlot.org/>

⁵⁶ Wisconsin Online Resource Center, Wisc-Online, <http://wisc-online.org/>

en fonction de l'évaluateur et du type de l'objet pédagogique [McMartin et al., 2004 ; Vargo et al., 2003 ; Evalutech⁵⁷].

Vivier de connaissances	Critique Quantitative	Critique Qualitative
Evalutech	NON	Critique par un expert du domaine
Harvey Project [Sarasa Cabazuelo & Doderio Beardo, 2004]	NON	Critique par les pairs + tests en classe
LORI [Kumar et al., 2005]	Critique par les pairs (4 évaluateurs)	
MERLOT	Critique par les pairs (2 experts du domaine) Commentaires des membres	
Wisconsin Online	Commentaires publics	

Tableau 2. Les viviers de connaissances implémentant des évaluations d'OP

La partie suivante se concentre sur le standard LOM, utilisé pour décrire les OP dans la plupart des viviers, plus spécifiquement sur la catégorie dédiée aux évaluations.

3.3.2.b - La catégorie Commentaires du LOM

Le standard LOM dispose d'une catégorie complète pour renseigner les commentaires [IEEE-LTSC, 2002]. Un commentaire est composé des éléments suivants :

- l'entité (LOM 8.1) qui a créé le commentaire, décrite en utilisant le format vCard ;
- la date de création (LOM 8.2) du commentaire, exprimée à l'aide du format DateTime ;
- la description (LOM 8.3) sous forme de LangString.

Ces descripteurs sont utilisés dans plusieurs profils d'application, ils sont obligatoires dans CanCore [Friesen et al., 2004], recommandés dans UK LOM Core [UK Metadata for Education Group, 2004], et optionnels dans plusieurs profils d'application tels que SCORM [ADL, 2004] et LOM-FR [AFNOR, 2006].

Un commentaire peut donc être utilisé pour décrire les évaluations d'un objet pédagogique ou des suggestions d'utilisation. Chaque commentaire, qu'il soit quantitatif ou qualitatif, est effectué à un moment donné par une entité (un utilisateur, une organisation)

⁵⁷ Evalutech : Southern Regional Education Board (SREB), <http://www.evalutech.sreb.org/>

correspondant à un type d'évaluateur spécifique. Les commentaires peuvent représenter une suggestion d'utilisation, ils peuvent être globaux et concerner tout le contenu, ou spécifique à un critère donné.

Si les viviers de connaissances peuvent être utilisés pour les retours d'expériences, la production et la diffusion de l'objet pédagogique précèdent son exploitation dans les plates-formes pédagogiques. La prochaine partie s'intéresse à ce dernier système.

3.4 - Les plates-formes d'apprentissage

La plate-forme pédagogique représente le système où enseignants et apprenants se retrouvent pour accomplir des activités éducatives. Elle facilite l'organisation de l'ingénierie pédagogique, la gestion des formations. La logistique est en effet assurée grâce à la gestion des inscriptions, des plannings, des notes, etc. Constituée comme un système en ligne, sur le *web*, elle permet une simplification de l'organisation des postes clients. Elle offre des fonctions de communications :

- synchrones. Enseignants et apprenants travaillent alors en même temps, qu'ils soient dans le même lieu ou à distance et utilisent la messagerie instantanée, le clavardage (*chat*), la conférence *web*;

- et asynchrones. Enseignants et apprenants n'ont plus la contrainte de travailler en même temps. Ils utilisent alors la messagerie électronique, les forums, les blogs, les wikis, le journal, etc.

D'autres activités peuvent également être disponibles telles que la remise de devoirs, la constitution de glossaires, les sondages, les tests, etc.

Les fonctionnalités de mise à disposition de contenus permettent aux objets pédagogiques d'y jouer un rôle important, en servant de support aux activités. L'OP est tout d'abord choisi par un enseignant éditeur dans un vivier de connaissances, pour être ensuite exploité par les apprenants en suivant les directives des enseignants et des tuteurs.

La possibilité de créer un livre ou une leçon sur la plate-forme fait d'elle un outil auteur capable de générer facilement du contenu en ligne. Elle n'est cependant pas adaptée pour assurer le partage à grande échelle et la réutilisation du nouvel OP.

La plate-forme constitue également le lieu idéal pour innover dans l'utilisation de l'OP, pour détecter ses points forts et ses faiblesses. Ces informations sont très utiles (1) pour

aider les collègues enseignants dans leur démarche pédagogique, et (2) pour enclencher un processus de réingénierie.

Mais la description de l'objet pédagogique dans la plate-forme est le plus souvent limitée à un nom et un résumé. Toutes les métadonnées disponibles dans les viviers ne sont plus présentes. Il est donc impossible, par exemple, de revenir sur des informations pédagogiques pendant l'exploitation de l'OP avec les apprenants ; impossible également de savoir si l'OP évolue. Les informations intéressantes telles que les retours d'expériences ou les suggestions d'utilisation, qui deviennent pertinentes au moment de l'utilisation de l'OP dans la plate-forme, sont le plus souvent perdues car de trop rares enseignants prennent la peine d'aller les retranscrire dans les viviers.

Au cours de son cycle de vie, l'objet pédagogique est créé, modifié, décrit, stocké, diffusé, exploité, etc. dans plusieurs systèmes. Se posent alors des problèmes d'interopérabilité : peut-on accéder à une description complète de l'OP ailleurs que dans un vivier de connaissances ? La prochaine partie présente une initiative qui répond à cette question.

3.5 - Faciliter l'interopérabilité

D'après [Bouchet & Gillarès-Calliat, 2002] : « Virtualiser, c'est donner au système d'exploitation ou à l'application une vision logique de l'espace de stockage, complètement dissociée de la réalité physique des systèmes matériels sur lesquels sont effectivement stockées les données ». Dans notre contexte, la virtualisation des objets pédagogiques fournit une communication transparente entre les viviers de connaissances et les plates-formes pédagogiques en offrant à la fois une vue unique de l'ensemble des OP stockés dans des viviers multiples, et un accès simple à ces ressources à travers l'utilisation d'une plate-forme d'apprentissage [Broisin & Vidal, 2005]. Sans avoir à quitter l'environnement de la plate-forme, il est ainsi possible avec l'architecture LOV⁵⁸, illustrée par la figure 16 :

- d'interroger un vivier de connaissances et de récupérer toutes les métadonnées correspondant aux critères attendus grâce au service de recherche de la couche de fédération ;
- de télécharger un OP sur le poste de travail de l'utilisateur ou d'intégrer ce même OP sur la plate-forme pédagogique grâce au service d'importation ;

⁵⁸ LOV : Learning Object Virtualisation

- de déposer de nouveaux OP dans le vivier grâce aux actions du service d'indexation et du service de génération qui lui vient en aide pour générer automatiquement certaines métadonnées.

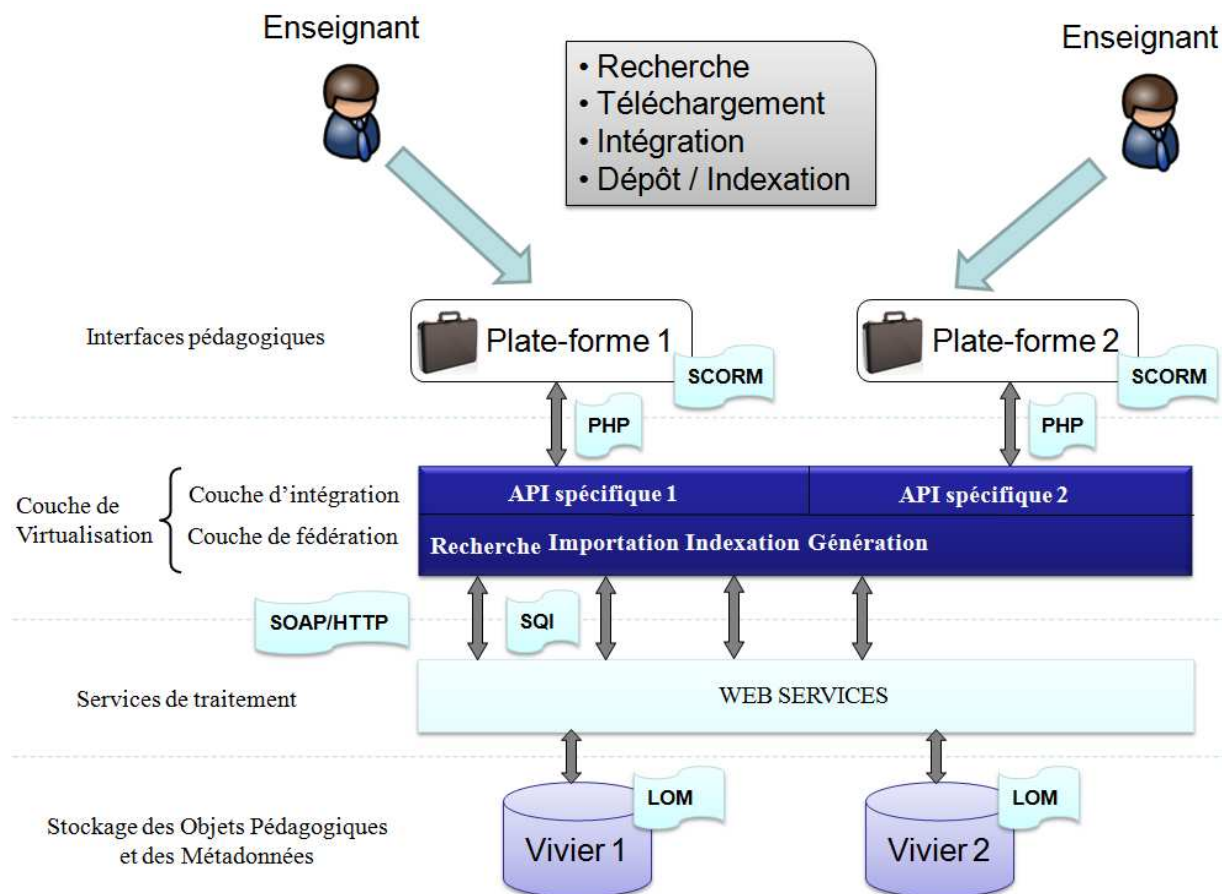


Figure 16. La virtualisation des objets pédagogiques

La couche de fédération communique avec les viviers de connaissances en utilisant les *Web Services* qu'ils fournissent. Elle complète la virtualisation avec une couche d'intégration incluant une API développée pour chaque type de plate-forme pédagogique.

Dans le cadre de nos travaux, une expérimentation permettant, à partir d'une plate-forme pédagogique, d'interagir aussi bien avec les viviers de connaissances GLOBE⁵⁹ [Vidal & Broisin, 2005] a été mise en place.

Pour pouvoir interroger des viviers de connaissances hétérogènes, il est nécessaire d'utiliser une spécification telle que SSI⁶⁰. Cette interface simple de requête, mise en place par le comité de normalisation CEN ISSS LT, offre un ensemble d'opérations permettant

⁵⁹ GLOBE : Global Learning Objects Brokered Exchange

⁶⁰ SSI : Simple Query Interface

d'accéder à des bases de données de ressources éducatives, quel qu'en soit le format de description associé [CEN/ISSS, 2005]. Le réseau distribué d'objets pédagogiques GLOBE, qui l'a adoptée, en est le meilleur exemple : il permet d'interroger avec une requête identique, le vivier de connaissances de la fondation européenne ARIADNE, le vivier canadien LORNET⁶¹, le vivier américain MERLOT, le vivier australien EDNA et le vivier japonais NIME.

Notons que des efforts de standardisation sont également en cours au niveau du comité CEN ISSS LT pour reconnaître la spécification SPI⁶² élaborée par le réseau d'excellence PROLEARN. Cette interface offre un ensemble d'opérations permettant d'indexer un OP et ses métadonnées dans un vivier [PROLEARN, 2008].

La virtualisation est une approche prometteuse pour la prise en compte du cycle de vie. Une fois que les problèmes qui ont été soulevés dans le chapitre 2 seront résolus au niveau du schéma de métadonnées, les enseignants pourront retrouver dans la plate-forme des informations sur la qualité des OP qu'ils souhaitent intégrer, ou des indications pédagogiques telles que les suggestions d'utilisation qui les aideront à bâtir leurs cours. Des efforts doivent néanmoins être fournis pour (1) faciliter la saisie et le partage des retours d'expériences, suggestions d'utilisation et évaluations de l'OP, et (2) maintenir à jour un cours en tenant compte des évolutions successives stockées dans le vivier.

3.6 - Synthèse

Les trois systèmes étudiés dans ce chapitre sont utilisés à des moments différents du cycle de vie :

- les logiciels auteurs permettent la création d'objets pédagogiques en phase de production, puis leur modification en phase de réingénierie. Pour identifier ces outils informatiques, les types d'objets pédagogiques stockés dans les viviers MERLOT et ARIADNE ont servi de référence. Les suites bureautiques et les éditeurs de contenus en ligne sont les plus utilisés car ils sont les plus faciles à mettre en œuvre. Les autres outils auteurs sont très nombreux et nécessitent les compétences de concepteurs multimédia, d'infographistes, de spécialistes de l'audio-visuel, et même dans certains cas de développeurs informatiques ;

⁶¹ LORNET : Learning Object Repository NETwork, réseau de recherche pan canadien.

⁶² SPI : Simple Publishing Interface

- les viviers de connaissances permettent le partage des objets pédagogiques et sont donc particulièrement utiles en phase de diffusion ;

- les plates-formes pédagogiques permettent aux enseignants et aux apprenants, après intégration des objets pédagogiques, d'en exploiter le contenu en phase d'utilisation.

La description des objets pédagogiques, dont nous avons mesuré l'importance au cours du chapitre 2, est très différente d'un système à l'autre, d'un format de fichier à l'autre, et même d'un outil à l'autre. C'est dans le vivier de connaissances qu'elle reste la plus aboutie, avec le standard LOM qui est de plus en plus adopté au niveau international. Nous reviendrons au cours du chapitre 5 sur les métadonnées qui peuvent être extraites des outils auteurs pour pouvoir être exploitées dans les viviers de connaissances.

La multiplicité des logiciels auteurs pouvant être mis en œuvre ne facilite pas la collaboration entre les multiples acteurs impliqués dans la production. Etant donné que la description de l'OP est la plus aboutie dans les viviers, ils doivent pouvoir jouer un rôle fédérateur en étendant leur rôle au-delà des simples OP prêts à l'emploi, c'est-à-dire tout au long du cycle de vie. Ils vont faciliter le travail collaboratif entre les multiples acteurs et garantir le suivi du cycle de vie, une fois les problèmes évoqués au chapitre 2 levés.

L'utilisation du standard LOM et de la spécification SQI, nous permet de garantir le caractère générique de notre environnement informatique. La virtualisation simplifie le travail des enseignants éditeurs pour la sélection et l'importation des objets pédagogiques nécessaires au cours qu'ils doivent mettre en place. Ses fonctionnalités doivent toutefois être étendues :

- à la collecte de retours d'expériences, de suggestions d'utilisation, et aux évaluations de l'OP ;

- à la mise à jour des OP importés lorsque des évolutions stockées dans le vivier sont disponibles.

Après une présentation et une analyse de l'objet pédagogique et de ses caractéristiques, de sa description par les métadonnées et l'analyse qui vient d'être faite de son environnement, le prochain chapitre étudie les différentes approches du cycle de vie trouvées dans la littérature.

Chapitre 4 - Les différentes approches du cycle de vie

Ce chapitre présente différentes initiatives de cycles de vie, issues de l'industrie, puis appliquées à l'objet pédagogique. Définies dans des contextes particuliers, pour des besoins spécifiques, ces dernières sont ensuite comparées pour en retirer les avantages et inconvénients et donner les bases d'une approche générique.

4.1 - Le cycle de vie dans l'industrie

4.1.1 - La notion de cycle de vie

Avant de s'intéresser aux différentes approches du cycle de vie appliqué spécifiquement à l'objet pédagogique et ses métadonnées, il convient de remonter dans le temps pour comprendre comment est apparue cette notion.

Le cycle de vie est une succession d'étapes liées à l'évolution d'un produit ou d'un service. Il s'agit surtout de formaliser une structuration méthodique des différents processus mis en œuvre.

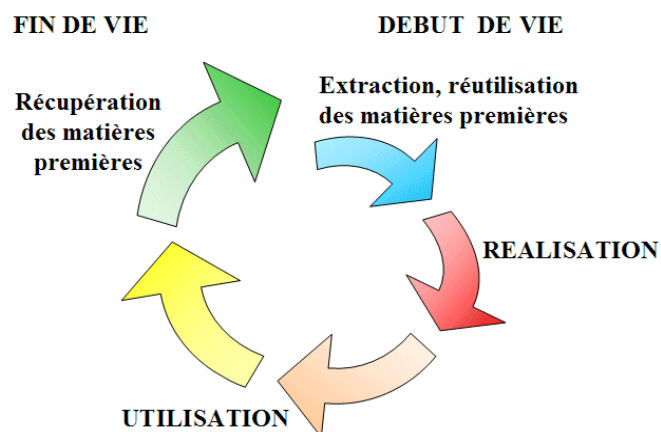


Figure 17. Cycle de vie du produit

Dans l'industrie, le cycle de vie du projet réalise le produit, par métaphore avec le cycle de vie de l'homme. Comme le montre la figure 17, le cycle commence par l'acquisition de matières premières ou par la génération de ressources naturelles. Le produit est ensuite réalisé et utilisé avant d'être éliminé ou recyclé.

4.1.2 - Cycles de vie linéaires

Dans les années 1970, les principales étapes du développement du produit sont identifiées dans un cycle de vie en cascade (cf. figure 18 à gauche). A cette époque, l'importance de l'activité de vérification et la nécessité de devoir reprendre le résultat d'une étape précédente dans le développement de systèmes complexes sont encore méconnues. Ces vérifications de conformité du produit donneront lieu en 1976 au cycle de vie en cascade avec retour représenté à droite de la figure 18.

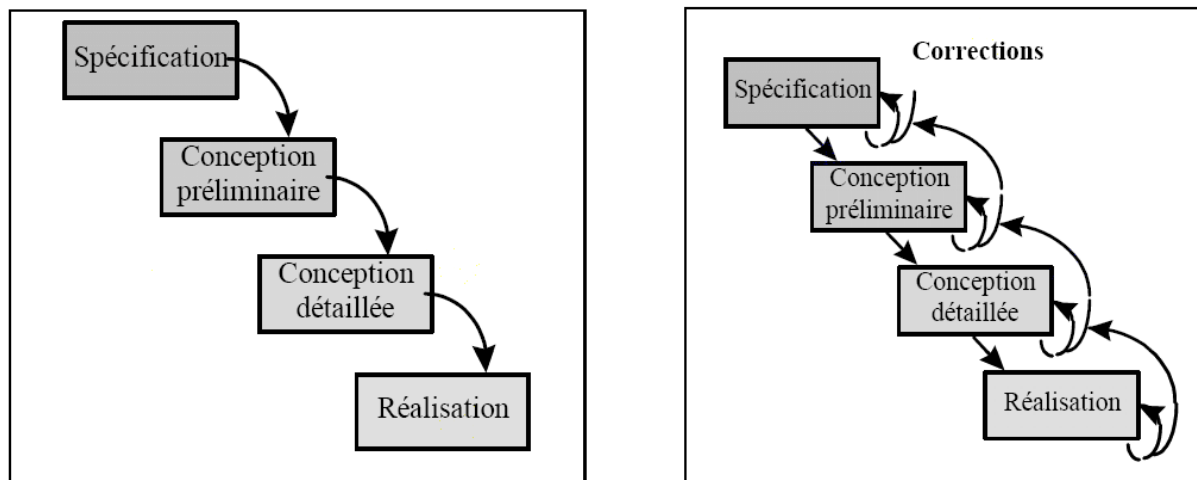


Figure 18. Cycles de vie en cascade

Le cycle évolue en 1990 avec la proposition de l'AFCIQ⁶³ du cycle de vie en « V », très répandu en Europe (cf. figure 19). Les activités de vérification et d'évaluation du projet sont récursives et permettent de relier une à une, sur un axe horizontal, les étapes descendantes de spécification-conception à celles, ascendantes, de réalisation-vérification.

Toutefois, ces visions linéaires montrent dans la réalité du terrain un certain nombre d'inconvénients [Ghezzi et al., 2003] : une expression des besoins figée, l'absence de prise en compte des changements, l'ignorance de la réutilisation de composants, un style de travail bureaucratique, et la difficulté d'estimer les ressources nécessaires au développement. Ces faiblesses aboutiront à des modèles de développement dits évolutifs.

⁶³ AFCIQ : Agence Française pour le Contrôle Industriel de la Qualité

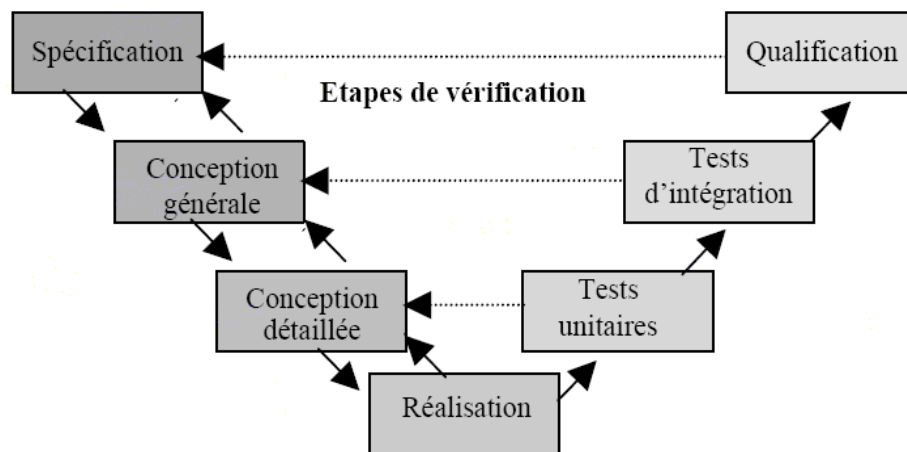


Figure 19. Cycle de vie en « V »

4.1.3 - Cycles de vie évolutifs

La figure 20 représente le premier résultat des modèles évolutifs : un cycle de vie incrémental qui améliore le modèle en cascade avec retour. A partir d'une étape donnée, le processus suivant est itéré plusieurs fois. Ce type de modèle aboutira plus tard au modèle à versions successives. L'analogie avec l'objet pédagogique peut ici être faite: en effet, la production d'un OP peut générer des incréments permettant la réalisation de sous-OP à granularité plus fine.

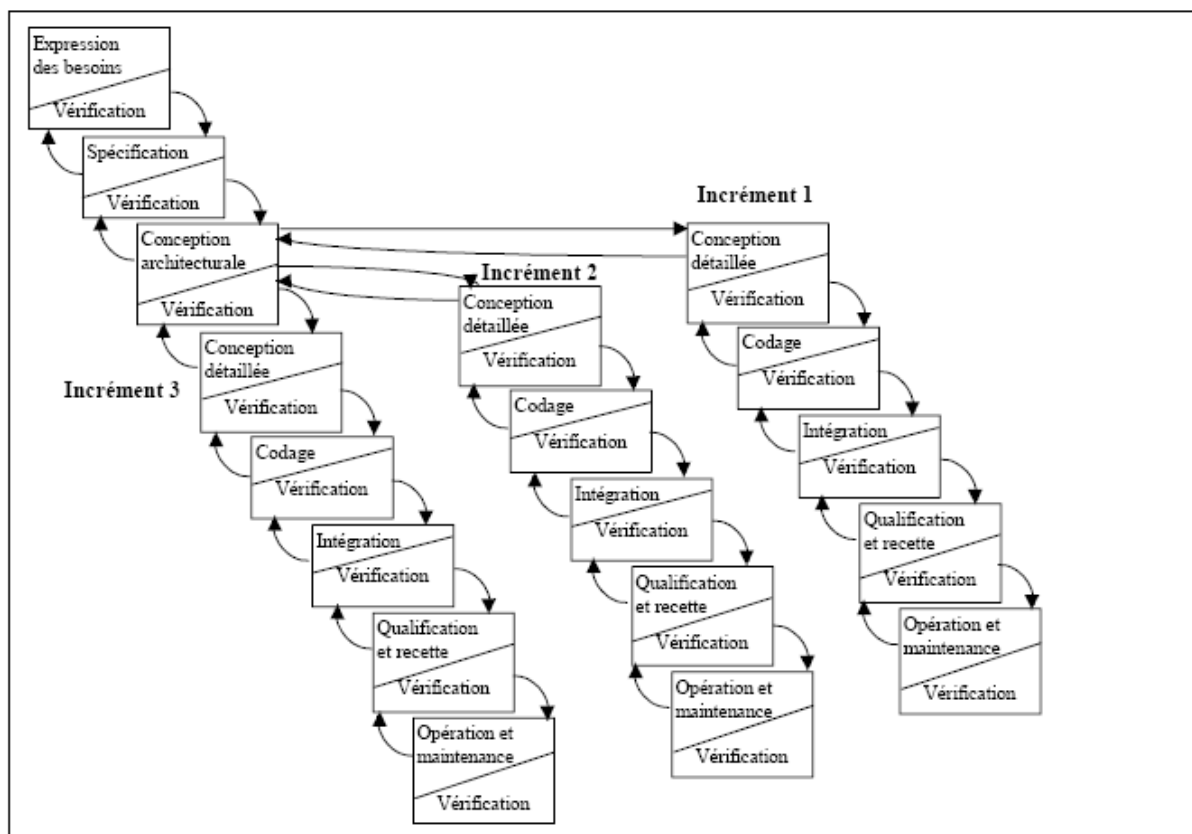


Figure 20. Cycle de vie incrémental

La notion de cycle de vie a été récupérée dans d'autres domaines que l'industrie ; la section suivante montre son application dans le domaine du marketing.

4.1.4 - L'approche marketing

Le marketing utilise la notion de cycle de vie pour montrer que les conditions de vente d'un produit changent en permanence. La figure 21 montre que les produits passent par 5 stades successifs pendant lesquels les coûts de production, les pertes pour l'entreprise et le prix de vente du produit vont progressivement décroître alors que les profits augmentent progressivement avant de diminuer lors du déclin du produit.

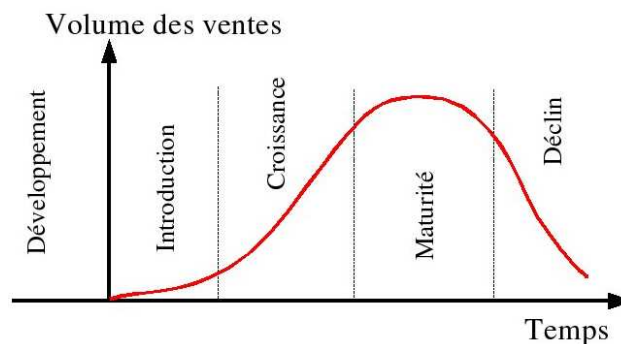


Figure 21. L'approche marketing du cycle de vie du produit

Néanmoins, l'approche très commerciale de ce cycle de vie réduit au seul stade de développement toute la production et la réingénierie. La formalisation des étapes suivies pour réaliser un produit ou service multimédia est quant à elle plus proche de nos préoccupations.

4.1.5 - Le cycle de vie du produit ou du service multimédia

La Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie de la région Wallone décompose un cycle de vie du produit multimédia en six étapes illustrées par la figure 22 [DGTRE, 1998]. Ces étapes sont les suivantes :

- la production permet d'assurer les conditions nécessaires à la viabilité technique, financière et juridique du produit ou du service multimédia. Cette étape fait intervenir des éditeurs, des producteurs, des juristes, etc.
- la création concerne la conception inventive du produit ou du service multimédia par des auteurs, des scénaristes, des ergonomes, des illustrateurs graphiques, etc.
- la réalisation implique la fabrication artistique, technique et informatique du produit ou du service multimédia par des réalisateurs, des directeurs techniques, des développeurs, des infographistes, des ingénieurs du son, etc.

- l'exploitation comprend la mise en valeur du produit ou du service multimédia par les fournisseurs d'accès, les webmestres, les spécialistes du pressage.
- la distribution permet de faire connaître et de commercialiser le produit ou le service multimédia.
- l'utilisation par les netsurfeurs, les formateurs et apprenants, etc.

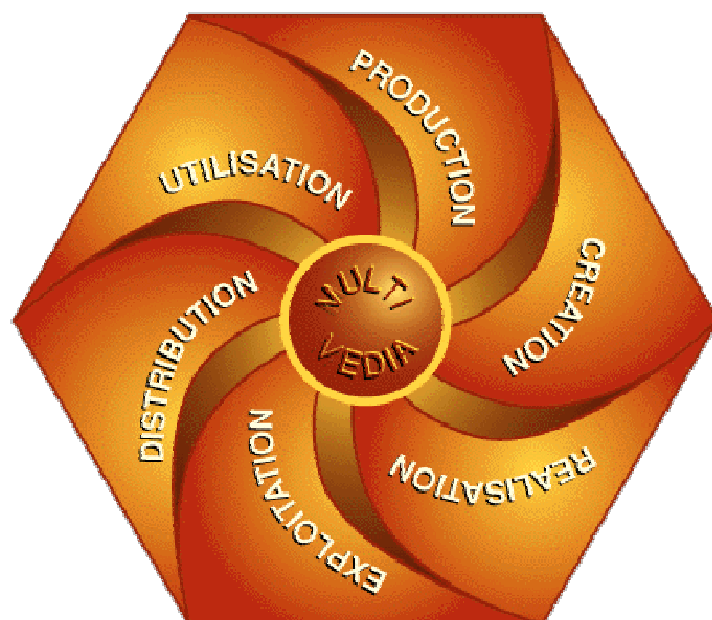


Figure 22. Le cycle de vie du produit multimédia [DGTRE, 1998]

Cette approche intéresse l'objet pédagogique créé sous forme de contenu en ligne, contenu riche ou CD-ROM, même si l'intention pédagogique n'apparaît pas clairement. La représentation du cycle montre plus un entremêlement qu'une succession d'étapes. Cette impression se confirme par la définition qui est faite de la production qui intervient ici conjointement avec la création, la réalisation et l'exploitation. De même, des actions liées à la réalisation et à la diffusion du produit multimédia se retrouvent dans la définition de l'étape d'exploitation. La création retrouve quant à elle son rôle réduit à la conception ; un abus de langage provenant probablement des infographistes qui ont pris l'habitude de dire : « je fais de la créa ! ».

Après cette présentation de la genèse du cycle de vie et son application dans un contexte général, la prochaine section se concentre vers l'objet pédagogique et les différentes approches existantes permettant de définir son cycle de vie.

4.2 - Les différentes approches du cycle de vie de l'objet pédagogique

4.2.1 - L'approche de CanCore

Sans aller jusqu'à définir un cycle de vie complet, l'équipe chargée de la définition de CanCore, profil d'application canadien du LOM, nous indique que le cycle de vie est composé de différentes étapes qui comprennent « l'initiation, la validation et la terminaison » [Friesen et al., 2003]. L'équipe de CanCore a voulu :

- souligner l'importance de définir des objectifs dès le départ. Le terme « initiation » fait cependant plus penser à la transmission d'un savoir qu'à l'initialisation d'un processus ;
- renforcer le rôle des comités éditoriaux qui se portent garants de la qualité de l'OP une fois qu'il a été validé ;
- et rappeler qu'un OP peut devenir obsolète ; son cycle de vie s'arrête alors.

4.2.2 - L'approche de Steinmetz et Rensing

Comme le montre la figure 23, Steinmetz et Rensing identifient 4 étapes permettant la gestion du cycle de vie de ressources pédagogiques [Steinmetz et Rensing, 2005] :

- la création (*authoring*) qui comprend la conception et la réalisation à partir de logiciels auteurs ;
- l'adaptation (*re-authoring*) de la ressource dans un autre contexte pédagogique, ou l'amélioration de celle-ci ;
- le stockage et l'indexation (*provision*) de la ressource dans un vivier de connaissances afin d'en favoriser le partage ;
- et l'apprentissage (*learning*) qui permet l'exploitation de la ressource par les enseignants et les apprenants dans une plate-forme pédagogique.

Nous considérons que l'adaptation et l'amélioration comprennent elles aussi des actions de conception et de réalisation lorsque le cycle reboucle sur lui-même. De plus, compte-tenu du rôle fédérateur que nous souhaitons donner au vivier de connaissances (cf. chapitre 3), le stockage et l'indexation doivent intervenir tout au long du cycle et pas seulement pour diffuser des objets pédagogiques prêts à l'emploi.

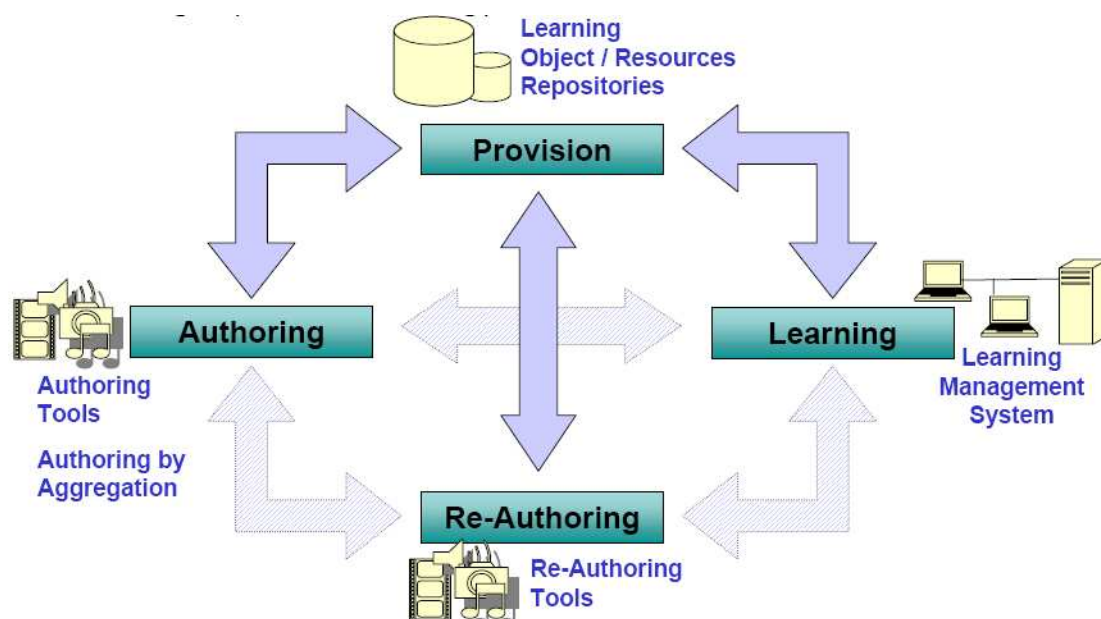


Figure 23. Cycle de vie des ressources pédagogiques [Steinmetz & Rensing, 2005]

4.2.3 - L'approche de la fondation ARIADNE

La fondation ARIADNE a établi pour son vivier de connaissances un cycle de vie en 4 étapes pour le document et ses métadonnées associées [Duval et al., 2001]:

- l'auteur produit son document à l'aide de logiciels auteurs. Ces derniers peuvent générer automatiquement des métadonnées telles que la date de production, le format de fichier ainsi que sa taille ;
- l'« indexeur » décrit ensuite tous les aspects importants du document à l'aide d'un outil d'indexation ;
- le « validateur » télécharge le document depuis le vivier de connaissances et vérifie l'intégrité et le fonctionnement du document. Notons que la vérification ne comprend ici ni l'étude du contenu, ni l'étude de l'approche pédagogique. De plus, cette étape est devenue facultative après avoir constaté le goulot d'étranglement qu'elle génère.
- enfin, le « responsable de cours » exploite le contenu du vivier en recherchant les documents dont il a besoin et en les intégrant dans un cours.

4.2.4 - L'approche de Strijker

Selon [Strijker, 2004], le cycle de vie d'un objet pédagogique est composé de 6 étapes distinctes (cf. figure 24) :

- obtenir (*obtaining*) : des équipes composées d'experts du domaine, de spécialistes du multimédia, de graphistes, de rédacteurs, de concepteurs pédagogiques développent un OP généralement en plusieurs sous-étapes et en utilisant des outils à base de *workflow*⁶⁴ ;

- étiqueter (*labeling*) : il s'agit de décrire l'objet pédagogique, de l'étiqueter à l'aide de métadonnées pour pouvoir le retrouver plus facilement. Le terme « étiqueter » est utilisé ici dans un sens très large puisqu'il comprend le cas d'un auteur qui organise son poste de travail localement en choisissant de manière logique le nom d'un document Word™ ainsi que le dossier dans lequel il effectue sa sauvegarde afin de retrouver plus facilement par la suite son document pédagogique ;

- offrir (*offering*) : on retrouve ici le fondement des viviers de connaissances dont l'objectif est de rendre disponible un grand nombre d'objets pédagogiques selon des objectifs prédéfinis. L'OP peut être mis à disposition librement afin de faciliter son partage, ou dans un modèle plus commercial, il peut être mis à disposition après paiement de droits d'utilisation ;

- sélectionner (*selecting*) : l'objet pédagogique choisi doit correspondre aux besoins du responsable de cours. Ces besoins comprennent des objectifs pédagogiques, le type de cours créé, le sujet du cours et le niveau de connaissances préalable. L'OP ne sera choisi que s'il a été correctement étiqueté ;

- utiliser (*using*) : une fois sélectionné, l'OP peut être utilisé dans un cours, soit tel quel, soit après modification pour répondre aux besoins du cours ;

- retenir (*retaining*) : après son utilisation, il faut faire le choix entre (1) réutiliser tel quel l'OP dans le futur, (2) réviser l'OP, (3) le retirer parce qu'il est par exemple devenu obsolète.

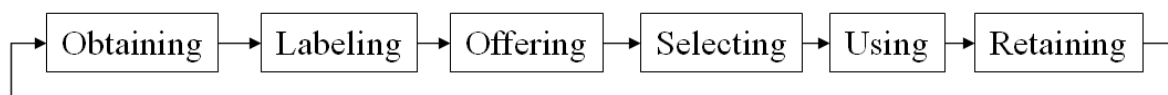


Figure 24. Cycle de vie de l'objet pédagogique selon [Strijker, 2004]

⁶⁴ workflow : littéralement « flux de travail ». Ce terme anglais est couramment utilisé en français pour décrire un déroulement d'opérations ou la gestion électronique de processus métiers.

Les termes « obtenir » et « retenir » comprennent tous deux des actions de conception, de réalisation et de validation lorsqu'il s'agit de réviser l'OP. Les termes « offrir » et « sélectionner » permettent de séparer clairement la diffusion d'OP prêts à l'emploi, et la recherche de ces OP par les enseignants éditeurs. Le terme « étiqueter » comprend à la fois le positionnement de l'OP dans une classification et sa description pour favoriser sa diffusion. Enfin, la possibilité de terminer le cycle, évoquée précédemment par CanCore, est également présente ici.

4.2.5 - L'approche de Cardinaels

Cardinaels estime que le cycle de vie défini par Strijker ne prend pas en compte la possibilité de renseigner dynamiquement les métadonnées tout au long du cycle [Cardinaels, 2007]. Il propose de mettre l'étape liée à l'étiquetage (*labeling*) en même temps que toutes les autres étapes ce qui conforte notre idée de donner un rôle fédérateur au vivier de connaissances. Son cycle de vie est représenté par la figure 25 et comprend les étapes suivantes :

- obtenir (*obtaining*) : cette première étape a une signification beaucoup plus réduite que pour Strijker. Il s'agit ici de rechercher des OP qui pourraient être réutilisés directement, ou adaptés, ou utilisés comme base du nouvel OP à créer ;
- adapter (*repurposing*) : l'objet pédagogique est sommairement modifié, manuellement ou automatiquement, avant de s'engager dans les autres étapes. Ces modifications comprennent les activités de segmentation et d'agrégation ;
- créer (*authoring*) : il s'agit de créer un nouvel OP ou d'adapter un OP existant ;
- offrir (*offering*) : les OP créés ou modifiés sont diffusés par le biais de viviers de connaissances ;
- intégrer (*integration*) : les OP sont intégrés dans les plates-formes d'apprentissage pour pouvoir être utilisés par les apprenants.

Les 2 dernières étapes (*using et retaining*) sont identiques à celles de Strijker.

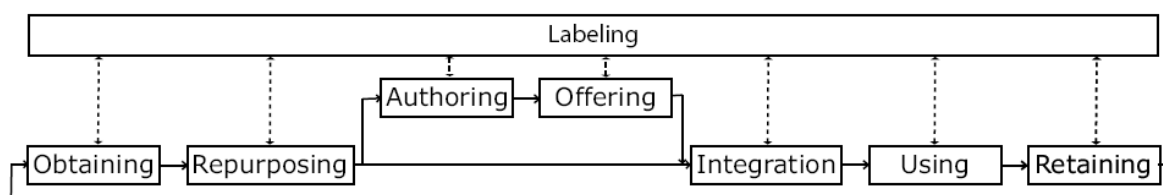


Figure 25. Le cycle de vie dynamique de l'objet pédagogique [Cardinaels, 2007]

Cardinaels a souhaité mettre en avant la réutilisation de l'OP avec l'enchaînement des étapes *obtaining*, *repurposing* et *authoring*. Sa démarche démontre qu'un cycle de vie peut être défini à partir d'un autre en utilisant les mêmes termes mais en leur donnant une signification différente.

4.2.6 - L'approche de l'équipe ARCADE

La figure 26 représente un cycle de vie en 4 phases défini par l'équipe de recherche ARCADE⁶⁵ du laboratoire CLIPS-IMAG⁶⁶ [ARCADE, 2006].

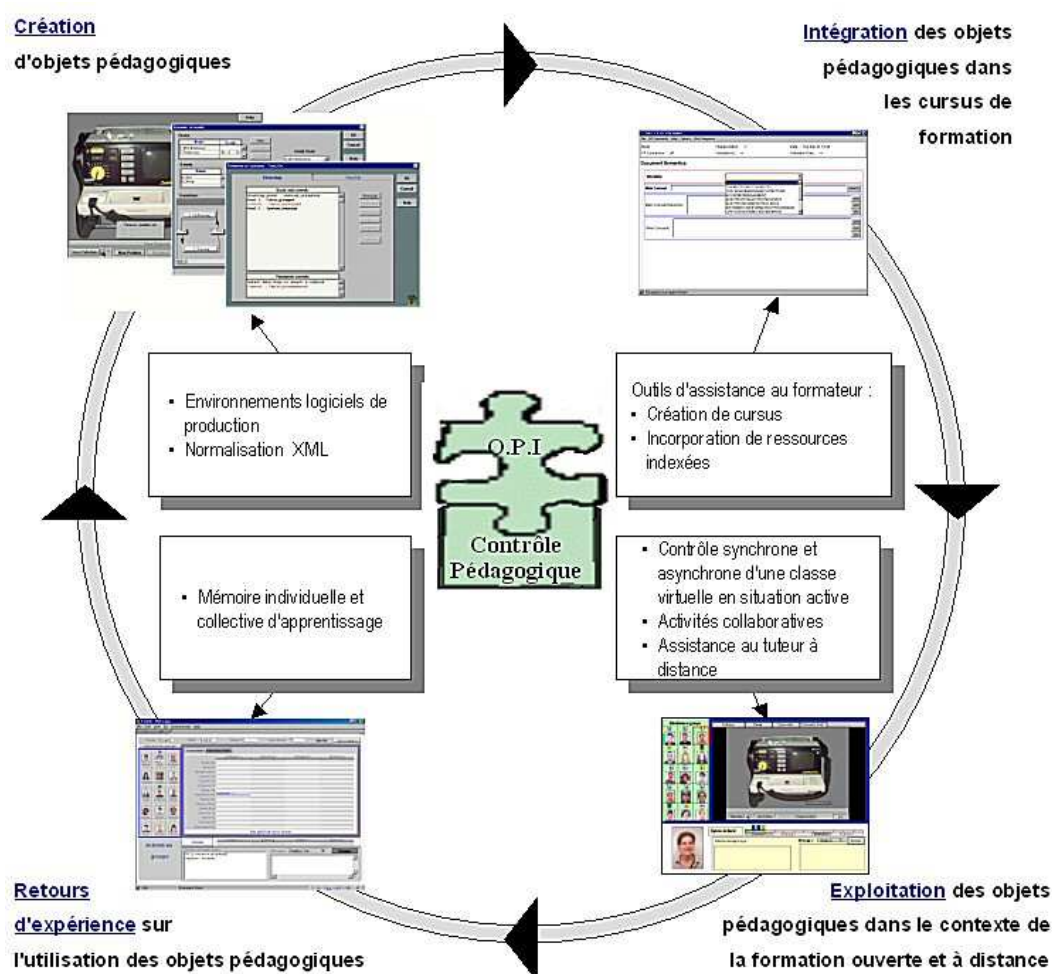


Figure 26. Cycle de vie de l'équipe ARCADE [ARCADE, 2006]

⁶⁵ ARCADE : Ateliers de Réalisation et de Conception d'Applications Destinées à l'Education. Cette équipe a fait l'objet d'un regroupement au sein de l'équipe MeTAH (Modèles et Technologies pour l'Apprentissage Humain) du LIG (Laboratoire d'Informatique de Grenoble)

⁶⁶ CLIPS : Communication Langagière et Interaction Personne-Système

IMAG : Institut d'Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble

La création regroupe ici à la fois la conception et la réalisation. L'intégration de l'objet pédagogique dans les plates-formes d'apprentissage doit répondre aux besoins des cursus de formation ; l'incorporation de ressources indexées met en valeur l'étape de recherche d'OP dans un vivier de connaissances. L'exploitation ou l'utilisation de l'objet pédagogique par les formateurs et les apprenants s'effectue dans les plates-formes pédagogiques. Enfin, les retours d'expériences sont mis en avant pour la première fois. Ils sont collectés pour assurer la qualité et la cohérence de l'objet pédagogique, et jouent un rôle important pour le déclenchement d'un processus de réingénierie, ce qui est symbolisé ici par la flèche orientée vers la création.

4.2.7 - L'approche du LOM-INSA

Le profil d'application du LOM mis en place par l'INSA⁶⁷ de Lyon utilise un vocabulaire alternatif permettant de décrire le rôle d'un contributeur (LOM 2.3.1) en fonction de 6 étapes du cycle de vie de l'objet pédagogique : la production, la conception, le développement ou la fabrication, la validation, la diffusion, la localisation [DOC'INSA, 2004 ; Gomez de Regil, 2003]. L'étape liée au développement et à la fabrication est proche de la phase de réalisation évoquée plus haut. Quant à l'étape de localisation, elle correspond à une adaptation culturelle ou linguistique d'un objet pédagogique existant.

4.2.8 - L'approche d'Université en Ligne

Le campus numérique « Université en ligne » a développé ManUeL, un profil d'application du LOM [De La Passardière et Jarraud, 2004]. Les métadonnées sont renseignées successivement en 4 étapes (cf. figure 27) :

- la conception : l'auteur de l'OP doit renseigner tout ce qui relève de la description du contenu de la ressource et de l'activité pédagogique qui s'y rattache.
- la réalisation : le médiatiseur précise quelles sont les caractéristiques techniques de la ressource.
- le référencement : un documentaliste catalogue la ressource en utilisant des classifications répandues telles que Dewey [OCLC, 2007], et complète les méta-métadonnées.
- la validation : le comité de pilotage approuve la diffusion de l'objet pédagogique et renseigne les éléments liés aux droits d'exploitation.

⁶⁷ INSA : Institut National des Sciences Appliquées

Le référencement est ici mis en valeur, tout comme Strijker l'avait évoqué avec le terme « étiqueter ». Si le renseignement d'une discipline peut suffire pour la description d'un OP dans le vivier d'une organisation donnée, la classification facilite considérablement la diffusion de l'OP entre les viviers d'organisations variées.

Les quatre étapes de ManUeL terminent l'indexation de ressources pédagogiques prêtes à l'emploi, ce qui explique l'absence d'étapes suivantes que nous avons pu rencontrer dans d'autres initiatives.

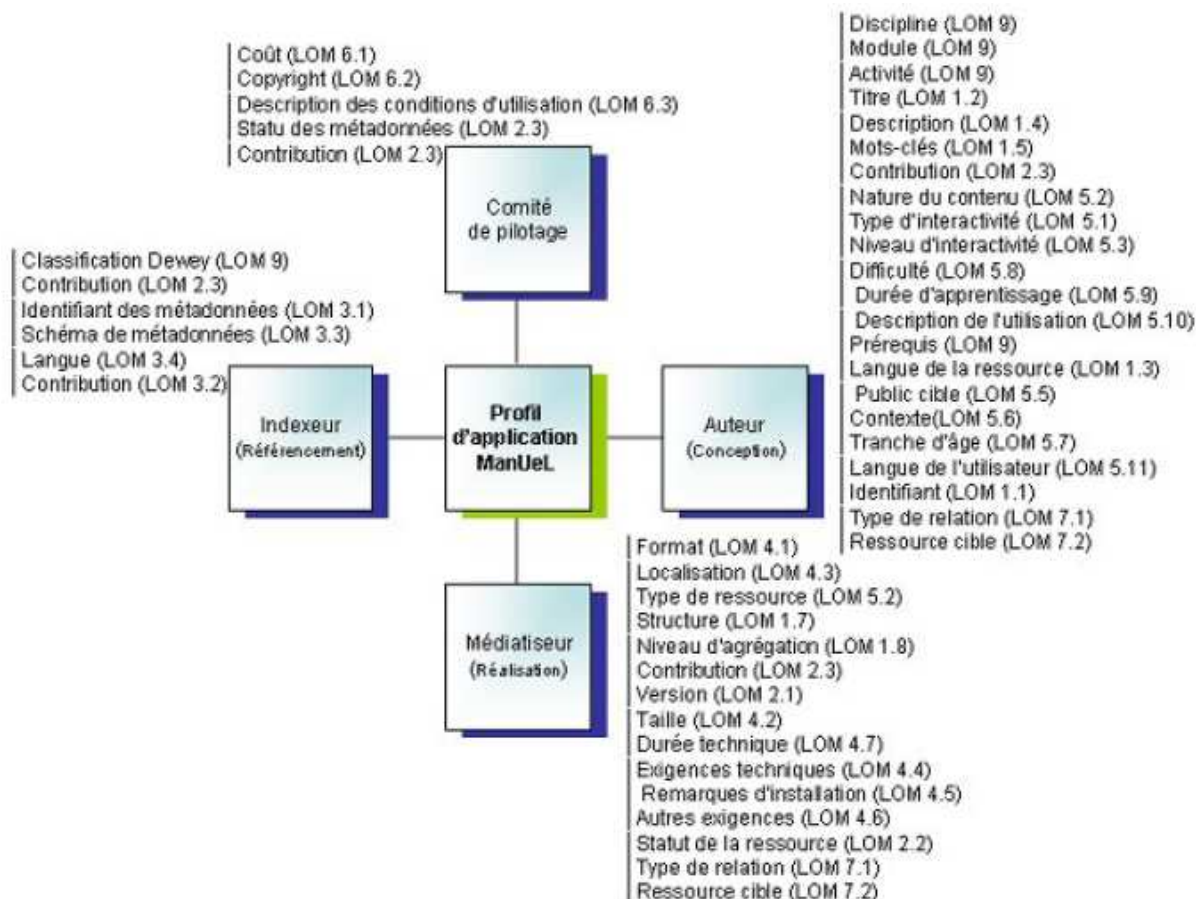


Figure 27. Les étapes du profil d'application ManUeL [De La Passardièrre et Jarraud, 2004]

4.3 - Synthèse

Notre étude montre une grande diversité des différentes initiatives présentées dans ce chapitre. Les acteurs de la formation en ligne ont défini des étapes en fonction de leurs préoccupations en se désintéressant des autres situations. Chaque approche est dédiée à un projet spécifique ou à une façon d'enseigner.

La figure 28 permet de comparer les différentes approches. Elle montre les recoupements possibles entre les différentes étapes mentionnées.

Ainsi, des termes différents sont utilisés pour exposer les mêmes étapes. Par exemple, l'étape de développement/fabrication du LOM-INSa est très proche de l'étape de réalisation exposée par ManUeL ou pour le produit multimédia. Autre exemple, la création du produit multimédia, la conception du LOM-INSa et de ManUeL ont des significations très proches.

De plus, les termes employés peuvent avoir des significations différentes en fonction du contexte dans lequel ils sont utilisés. Ainsi, la création décrite par ARCADE a une portée plus large que celle du produit multimédia puisqu'elle englobe la réalisation. Aussi, l'exploitation définie par ARIADNE est centrée sur l'utilisation du vivier de connaissances et fait donc référence à la recherche, l'intégration et l'utilisation de l'OP, alors que pour le produit multimédia il s'agit d'une mise en valeur par les fournisseurs d'accès, les webmasters, les spécialistes du pressage, ce qui fait référence à la réalisation et la diffusion. Dernier exemple, Cardinaels a réduit la signification de l'étape « obtenir » à un rôle de recherche d'objets pédagogiques réutilisables, tandis que Strijker lui donnait à l'origine une portée beaucoup plus large englobant les notions de production et de validation.

La figure 28 montre également les manques des différentes approches. Par exemple, une étape visant à cataloguer l'OP en utilisant des classifications répandues n'est prise en compte que dans les approches de Strijker et du campus Université en Ligne. Ce référencement est pourtant essentiel pour garantir une bonne recherche ultérieure de l'OP de la part des responsables de cours ou pour faciliter l'interopérabilité entre viviers de connaissances. Les retours d'expériences, indispensables pour engager un processus de réingénierie, ne sont eux pris en compte que par l'équipe ARCADE.

L'approche de Cardinaels et celle de Steinmetz et Rensing mettent en valeur la réutilisation et l'adaptation de l'objet pédagogique. Le processus de réingénierie qui en découle revient à reboucler le cycle de vie sur les étapes de conception et de réalisation.

De ses analyses découle la nécessité de définir une terminologie significative ainsi qu'un enchaînement générique d'étapes qui puisse être appliqué dans n'importe quel cas présenté dans ce chapitre.

Nous constatons également que les figures utilisées pour représenter le cycle de vie correspondent à des formalismes différents d'une approche à l'autre. L'utilisation d'un formalisme reconnu favoriserait l'adhésion au cycle de vie générique que nous souhaitons établir.

Le chapitre suivant revient sur la description de l'objet pédagogique par les métadonnées. Cette dernière joue en effet un rôle important pour assurer le suivi de l'objet pédagogique au cours de son cycle de vie.

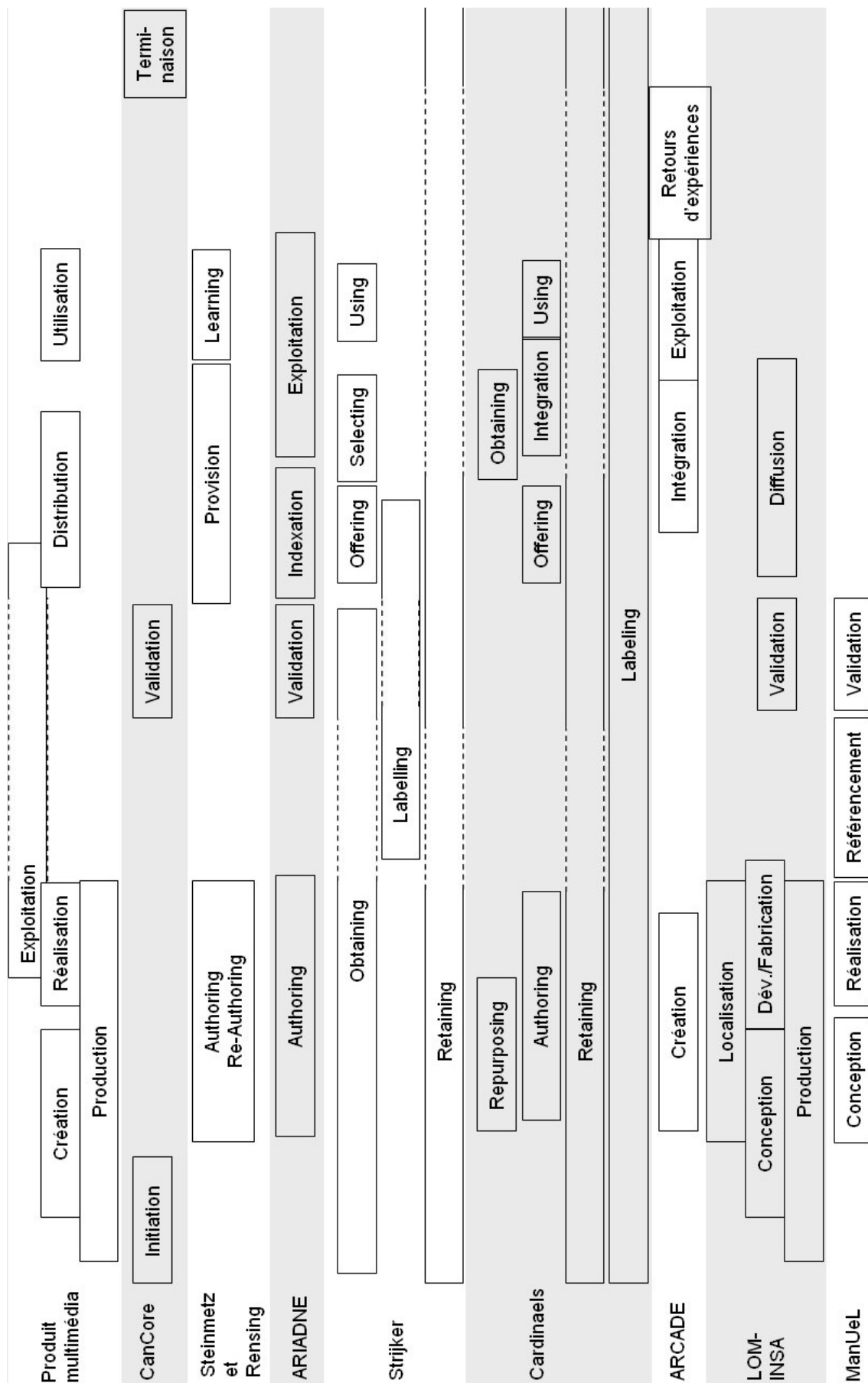


Figure 28. Comparatif des différentes approches du cycle de vie

Chapitre 5 - Décrire l'objet pédagogique pour assurer son suivi

Le chapitre 2 a présenté plusieurs initiatives de standardisation concernant la description de l'objet pédagogique. Notre étude se focalise sur les éléments relatifs au cycle de vie. Il convient donc de définir les informations qui sont nécessaires au suivi de l'objet pédagogique avant d'analyser la prise en compte de ces informations par les principales initiatives de standardisation. Les métadonnées étant stockées dans les viviers de connaissances, nous nous intéressons par la suite à l'extraction de leurs valeurs à partir d'outils auteurs, ainsi qu'aux mécanismes existants de propagation et d'accumulation des métadonnées.

5.1 - Informations nécessaires pour assurer le suivi de l'OP

5.1.1 - Objectifs et informations nécessaires

Les informations qui sont nécessaires pour assurer le suivi de l'OP et de ses métadonnées au cours du cycle de vie sont rassemblées par objectifs dans le tableau 3. Elles sont commentées dans les parties suivantes.

Objectifs	Informations nécessaires
Identifier l'OP et ses métadonnées	Identifiant unique OP Identifiant unique métadonnées Titre
Situer l'OP dans son cycle de vie	Etape du cycle Numéro de version Validité de l'OP dans la durée Evolution suivante ou précédente de l'OP Est-ce une partie d'un autre OP ? Granularité de l'OP
Situer l'OP par rapport aux autres OP	Relations pédagogiques avec d'autres OP Relations nécessaires au fonctionnement de l'OP

Mesurer l'évolution de l'OP et de ses métadonnées	Qui est intervenu ? Avec quel rôle ? Modifications apportées Date de la dernière modification Importance des modifications apportées à l'OP
Bien utiliser et améliorer l'OP	Retours d'expériences Suggestions d'utilisation Evaluations de l'OP qualitatives et quantitatives

Tableau 3. Informations nécessaires au suivi de l'OP rassemblées par objectifs

5.1.2 - Identifier l'objet pédagogique et ses métadonnées

L'identification de manière unique d'une ressource est une fonctionnalité des métadonnées que nous avons présentée dans la partie précédente [NISO, 2004]. Cette identification unique doit pouvoir se faire à la fois pour l'objet pédagogique et pour sa description par les métadonnées. Cette distinction permettra, par exemple, de différencier deux évolutions successives de la description d'un OP dont le contenu et la forme n'évoluent pas.

Si ces identifications uniques sont indispensables d'un point de vue informatique, il est nécessaire d'ajouter une identification de l'OP techniquement moins efficace mais humainement plus parlante : le titre.

5.1.3 - Situer l'objet pédagogique dans son cycle de vie

Le cycle de vie est caractérisé par une succession d'étapes. Pour situer l'objet pédagogique dans son cycle de vie, l'étape atteinte constitue une indication importante. Si la connaissance de cette étape est utile pour les acteurs de la production et de la réingénierie, les enseignants qui sont plus concernés par l'exploitation de la ressource ont pris l'habitude de différencier les évolutions « prêtes à l'emploi » par un numéro de version. Le changement de version s'opère à chaque fois qu'un processus de réingénierie est enclenché.

De plus, une même étape peut faire l'objet de plusieurs évolutions de l'OP : les auteurs peuvent par exemple faire évoluer le contenu de l'objet pédagogique à tour de rôle pendant la conception. La simple connaissance de l'étape ne suffit donc plus, il faut également identifier clairement l'évolution précédente et, si elle existe, la suivante. Comme nous l'avons vu dans la partie 2.2.3-d, il faut également être capable de savoir si l'évolution provient d'un mécanisme de segmentation ou donne lieu à un mécanisme d'agrégation ; la granularité de l'OP s'ajoute alors aux informations nécessaires.

Enfin, il faut préciser la durée pendant laquelle un objet pédagogique reste valide. Hedberg a démontré comment les organisations apprennent et désapprennent : « La connaissance croît et simultanément devient obsolète quand la réalité change. Comprendre implique à la fois d'apprendre de nouvelles connaissances, et d'abandonner des connaissances obsolètes ou trompeuses » [Hedberg, 1981]. Plus tard, Starbuck reprend cette idée en indiquant que « l'apprentissage ne peut arriver qu'après une phase de désapprentissage. Désapprendre est un processus qui montre aux employés qu'ils ne peuvent plus se reposer sur leurs connaissances et méthodes actuelles. Parce que ces dernières influencent les perceptions, elles empêchent les interprétations potentielles de la réalité » [Starbuck, 1996]. Dans le milieu universitaire, en 1998, les ministres en charge de l'Enseignement Supérieur de l'Allemagne, de la France, de l'Italie et du Royaume-Uni adoptaient une déclaration commune visant à harmoniser l'architecture du système européen d'Enseignement Supérieur [Allègre et al., 1998]. Ce processus s'est amplifié le 19 Juin 1999 avec la déclaration de Bologne signée par 29 pays européens [Déclaration commune des ministres européens de l'Education, 1999]. Cette harmonisation européenne a entraîné et entraîne encore une refonte profonde des cursus de formation de l'Enseignement Supérieur.

5.1.4 - Situer l'objet pédagogique par rapport aux autres ressources

Un objet pédagogique est souvent lié à d'autres OP. Avoir conscience des dépendances de l'OP est important pour son fonctionnement et pour son évolution. Nous faisons à ce niveau la distinction entre :

- les relations pédagogiques avec d'autres OP. Par exemple, un OP consacré à la résolution d'équations du second degré aura pour prérequis un autre OP consacré à la résolution d'équations du premier degré ;
- les relations nécessaires au fonctionnement de l'OP. Par exemple, un OP sous forme de site *web* traitant de la résistance des matériaux nécessite pour son fonctionnement un autre OP sous forme d'animation vidéo montrant le test de compression d'une éprouvette de béton.

5.1.5 - Mesurer l'évolution de l'objet pédagogique et de ses métadonnées

Si les critères précédents permettent d'identifier et de situer l'objet pédagogique, les différents acteurs de l'e-formation doivent prendre conscience des actions menées par ces utilisateurs, ainsi que des raisons qui les ont poussés à réaliser ces actions que ce soit sur l'objet pédagogique ou sur ses métadonnées. Nous reviendrons de manière plus approfondie dans la partie 8.4 sur les motivations des informations suivantes :

- Qui est intervenu ? Avec quel rôle ?
- Quelles sont les modifications qui ont été apportées ?
- Quand a eu lieu la dernière modification ?

A ces informations qui seront très utiles tout au long du cycle de vie, il faut ajouter une mesure quantitative de l'importance des modifications entre deux versions successives. Cela facilitera le travail des enseignants éditeurs chargés de tenir à jour les objets pédagogiques importés et exploités dans les plates-formes en fonction des nouvelles versions disponibles dans les viviers de connaissances.

5.1.6 - Bien utiliser et améliorer l'objet pédagogique

Les retours d'expériences par les apprenants, les suggestions d'utilisation par les collègues enseignants, et les évaluations de l'objet pédagogique par les experts du domaine sont des éléments importants. Nous y reviendrons dans la partie 8.3. Ils vont permettre aux enseignants d'utiliser l'OP de façon optimale et vont donner aux acteurs de la réingénierie les arguments indispensables pour améliorer le contenu, la forme ou la description de l'objet pédagogique. De plus, les évaluations quantitatives faciliteront le travail de sélection des objets pédagogiques par les enseignants éditeurs de cours.

Les différentes informations nécessaires au suivi du cycle de vie étant maintenant définies, nous allons maintenant analyser comment ces informations sont prises en charge par les différentes initiatives de standardisation en matière de description d'objet pédagogique, précédemment présentées dans le chapitre 2.

5.2 - Prise en charge des informations liées au cycle de vie par les principaux standards

5.2.1 - Dublin Core

Le standard Dublin Core, permettant de décrire tout type de ressource, utilise pour identifier un objet pédagogique, le titre (élément *Title*) et l'identifiant univoque à une évolution de la ressource (*Identifier*). Il n'est cependant pas possible d'identifier la description de la ressource par les métadonnées.

Le standard est peu adapté pour situer la ressource dans son cycle de vie : le numéro de version, l'étape du cycle de vie et la granularité de la ressource ne correspondent à aucun

élément de Dublin Core. La validité de la ressource dans la durée peut néanmoins être renseignée :

- par le qualificatif *available* de l'élément *Date* qui indique la période pendant laquelle la ressource est accessible ;
- et par le qualificatif *valid* du même élément qui indique la période de validité de la ressource.

De plus, l'élément *Source* fait le lien avec l'évolution précédente, alors que l'élément *Relation* dispose de qualificatifs précisant les relations avec les évolutions précédentes et suivantes (*hasFormat*, *isFormatOf*, *replaces*, *isReplacedBy*, *hasVersion*, *isVersionOf*) ainsi que les mécanismes de segmentation et d'agrégation (*hasPart*, *isPartOf*).

Le même élément *Relation* est utilisé avec d'autres qualificatifs pour définir les relations pédagogiques avec d'autres ressources (*isReferencedBy*, *references*, *isRequiredBy*, *requires*) ou les relations nécessaires au fonctionnement de la ressource (*isRequiredBy*, *requires*, *conformsTo*).

Pour mesurer l'évolution de la ressource, les éléments *Creator*, *Publisher* et l'élément plus générique *Contributor* permettent de savoir qui est intervenu, bien que les rôles des intervenants soient limités. L'élément *Date* spécifie quand la ressource a été créée, quand ont eu lieu les modifications, la soumission, l'acceptation, la définition des droits d'accès (*copyright*), la mise à disposition. Il n'y a cependant aucun élément permettant de définir les modifications apportées et l'importance des modifications.

Enfin, l'élément *Description* autorise librement l'utilisation écrite pour expliquer la ressource mais ce terme est tout de même plus adapté pour la décrire formellement que pour collecter retours d'expériences, suggestions d'utilisations et évaluations de la ressource.

5.2.2 - LOM

Le LOM répond parfaitement aux besoins d'identification de l'objet pédagogique :

- l'élément Titre (1.2) renseigne en plusieurs langues le nom donné à la ressource ;
- l'identifiant de l'OP (1.1) identifie de manière unique chaque objet pédagogique et chacune de ses évolutions ;
- l'identification de la description par les métadonnées est également assurée (3.1).

Pour situer l'OP dans son cycle de vie, le numéro de version (2.1) peut être renseigné. Le niveau d'agrégation (1.8) nous informe sur la granularité de l'objet. La catégorie Relations (7) utilise pour son élément Type (7.1) un vocabulaire très proche des qualificatifs de l'élément *Relation* de Dublin Core permettant d'identifier les évolutions précédentes et

suivantes de l'OP ainsi que les mécanismes de segmentation et d'agrégation. L'étape du cycle de vie peut être connue grâce à l'élément Etat (2.2). Le vocabulaire associé précise si l'objet pédagogique est à l'état d'ébauche (brouillon), s'il s'agit d'une version exploitable (final), d'une version modifiée (révisé) ou s'il n'est plus disponible (indisponible). Le premier élément de vocabulaire « brouillon » soulève néanmoins des interrogations : à lui seul, il couvre toutes les étapes de la production. De plus, aucun élément de vocabulaire ne permet de savoir qu'une phase de collecte de retours d'expériences est enclenchée en vue d'un processus de réingénierie. Il n'est pas non plus possible d'indiquer la durée de validité de l'OP.

La catégorie Relations (7) dispose d'autres éléments de vocabulaire du type de relation (7.2) pour situer l'objet pédagogique par rapport aux autres OP. Cependant l'identifiant cible utilisé (7.2.1) pour définir la relation pointe vers l'OP cible ; ne serait-il pas plus judicieux de pointer vers la description de ce dernier ? La description permet en effet de retrouver l'OP décrit, mais l'inverse est beaucoup plus délicat. Prenons l'exemple de trois évolutions successives A_1 , A_2 et A_3 d'un objet pédagogique A ; la description de A_3 identifie A_2 en tant qu'évolution précédente, mais pour remonter jusqu'à A_1 , il est nécessaire d'accéder à la description de A_2 .

Concernant la mesure quantitative de l'évolution de l'objet pédagogique, les acteurs intervenant sur le contenu et la forme de l'OP sont identifiés (2.3.2) tout comme ceux qui interviennent sur la description (3.2.2). Des rôles leur sont attribués (2.3.1 et 3.2.1), ainsi que la date de leur intervention (2.3.3 et 3.2.3). Il n'est cependant pas possible de connaître les actions effectuées par chaque contributeur (qu'elles concernent le contenu et la forme de l'objet pédagogique ou sa description), ni l'importance des modifications apportées à la nouvelle version de l'OP.

Enfin, la catégorie commentaires (8) aide à bien utiliser et améliorer l'OP, mais elle ne permet que des appréciations qualitatives et ne permet pas de faire la distinction entre les retours d'expériences, les suggestions d'utilisation, les évaluations de l'OP ou d'autres critères. La différenciation des contributeurs (experts, enseignants, apprenants) n'est pas non plus assurée.

Notons que la nouvelle version 1.1 du standard LOM⁶⁸ n'apporte pas de changement notable par rapport aux propos ci-dessus.

⁶⁸ LOM v1.1 : <http://ariadne.cs.kuleuven.be/mediawiki/index.php/Lomv1.1>

5.2.3 - Les profils d'application du LOM

Nous constatons une diversité dans la prise en compte des descripteurs liés au cycle de vie par les différents profils d'application du LOM faisant partie de notre étude et présentés dans la section 2.4.3. En général, la plupart de ces descripteurs sont recommandés voire obligatoires.

Le profil d'application CanCore conforte l'idée d'utiliser la catégorie Relation (LOM 7) en précisant que les évolutions successives d'un objet pédagogique peuvent être reliées avec les éléments de vocabulaire *isBasedOn* et *isBasisFor* [Friesen et al., 2003].

Les diverses faiblesses formulées ci-dessus à l'encontre du LOM pour la prise en compte du cycle de vie se confirment ici. Le profil d'application CanCore estime que le vocabulaire utilisé pour définir l'état de l'OP est mal adapté : il est plus approprié pour des ressources écrites [Friesen et al., 2003]. Le profil LOM-INSA, quant à lui, utilise trois nouveaux termes dans le vocabulaire : approuvé, à valider, diffusé [DOC'INSA, 2004].

Deux profils d'application ont ajouté des éléments de vocabulaire complémentaires au LOM pour définir le rôle des contributeurs :

- le LOM-INSA dispose d'un vocabulaire conséquent présenté par catégories : production, conception, développement/fabrication, validation, diffusion, localisation, gestion, autres [DOC'INSA, 2004].

- le LOM-FR conseille d'utiliser le format UNIMARC [IFLA, 2000]. Ce format, actualisé régulièrement, contient dans son annexe C une liste complète de codes correspondant aux métiers liés à la production de documents diffusables électroniquement.

Enfin, deux nouveaux descripteurs ont été introduits dans le LOM-INSA ; le premier permet à un contributeur de faire un commentaire sur sa contribution, alors que le second donne une explication dans le cas où un OP ne serait pas encore disponible.

5.2.4 - La future norme ISO MLR

S'agissant d'une norme en cours d'élaboration, il est trop tôt pour pouvoir analyser finement sa prise en compte du cycle de vie. Nos travaux font toutefois l'objet de propositions au sein du groupe de coordination et de pilotage GC36 de l'AFNOR, représentant la France à l'ISO.

Les informations nécessaires au suivi de l'objet pédagogique au cours de son cycle de vie ont été définies au début de ce chapitre. Il n'est pas concevable de demander aux utilisateurs chargés de l'indexation des différentes évolutions de l'objet pédagogique de saisir toutes ces informations. Certaines peuvent en effet être extraites depuis les outils auteurs ou grâce à des mécanismes de propagation ou d'accumulation.

5.3 - Une extraction des métadonnées complexe

5.3.1 - Extraction à partir des outils auteurs

L'utilisation des métadonnées par les outils auteurs est aussi diverse que la quantité de formats de fichiers générés. Des métadonnées d'ordre général telles que le titre ou les auteurs, et des métadonnées d'ordre technique telles que la taille du fichier, la résolution d'une image, ou la durée d'une séquence sonore sont généralement disponibles.

Les métadonnées d'ordre pédagogique sont extrêmement rares. Le laboratoire MUSIC⁶⁹ de l'Université de Crète travaille, par exemple, sur l'architecture ASIDE⁷⁰ dans l'objectif de garantir l'interopérabilité entre les bibliothèques numériques composées de documents audio-visuels et les applications pédagogiques en ligne [Arapi et al., 2006]. Les descriptions à l'aide de MPEG7⁷¹ ou du LOM se chevauchent difficilement : le premier standard offre une description détaillée des caractéristiques audiovisuelles que l'on ne retrouve pas dans le LOM, alors que ce dernier offre une description des objectifs pédagogiques absente du standard MPEG7. L'architecture ASIDE repose sur un modèle de métadonnées de niveau supérieur : le standard METS⁷², permettant indifféremment de prendre en compte les métadonnées MPEG7 ou LOM.

Les outils auteurs pédagogiques prennent mieux en compte les métadonnées éducatives, tout comme la chaîne éditoriale SCENARI [Crozat, 2002] qui offre des fonctionnalités d'indexation Dublin Core / LOM-FR. Les autres outils ont des champs d'application beaucoup plus larges expliquant le détachement vis-à-vis des descriptions pédagogiques.

⁶⁹ MUSIC : Laboratory of Distributed Multimedia Information Systems and Applications

⁷⁰ ASIDE : Architecture for Supporting Interoperability between Digital Libraries and E-Learning Applications

⁷¹ MPEG : Moving Picture Experts Group, norme pour la compression, la décompression, le traitement et le codage de la vidéo, de l'audio et de leur combinaison.

⁷² METS : Metadata Encoding and Transmission Standard, <http://www.loc.gov/standards/mets/>

La figure 29 représente deux captures d'écran des métadonnées d'un traitement de texte. La partie (a) correspond à une description générale saisie par l'utilisateur, tandis que la partie (b) montre des données techniques générées automatiquement. Les métadonnées d'ordre pédagogique sont absentes, celles proposées pour décrire le cycle de vie sont les suivantes : l'identité des auteurs, l'état du document, sa source, la date à laquelle il a été terminé, la date de publication. L'interface permet de combler les manques en proposant d'ajouter des métadonnées personnalisées.

La présence des métadonnées dans les multiples formats de fichiers interroge sur leur extraction. Cardinaels a développé pour le compte de la fondation ARIADNE une hiérarchie de classes, représentée par la figure 30, capable d'extraire et de générer des métadonnées à partir de fichiers existants de type courant [Cardinaels, 2007]. Les classes héritant de *MimeBasedIndexer* vont extraire les métadonnées provenant des fichiers dont le type est d'usage courant : image, *Powerpoint*, *Word* ou PDF. La quantité de métadonnées générées varie en fonction des spécificités de chaque indexeur. La classe *ArchiveIndexer* permet de traiter les agrégations d'OP fournies sous forme d'archive ZIP. Les classes héritant de *PropertyIndexer* analysent, à l'aide d'algorithmes complexes, les documents pour en extraire des propriétés telles que la langue du document et sa place dans une classification donnée.

Général Résumé Statistiques Contenu Personnalisation

Titre : Cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métac

Sujet : Mémoire de thèse

Auteur : CATTEAU Olivier

Responsable : Pr. VIDAL Philippe, directeur de recherche

Société : IUT "A" Paul Sabatier

Catégorie :

Mots clés : objet pédagogique, cycle de vie, métadonnées, indi

Commentaires :

Répertoire Web :

Modèle : Normal.dotm

Général Résumé Statistiques Contenu Personnalisation

Créé le : vendredi 18 juillet 2008 17:29:00

Modifié le : lundi 4 août 2008 10:52:41

Accédé le : lundi 4 août 2008 10:52:38

Imprimé le : dimanche 3 août 2008 17:38:00

Dernier enreg. par : CATTEAU Olivier

Numéro de révision : 49

Temps total d'édition : 4313 minutes

Statistiques :

Nom de statistique	Valeur
Pages :	184
Paragraphes :	1609
Lignes :	4177
Nbre de mots :	38538
Caractères :	216336
Caractères (espaces co...	253365

(a)
(b)

Figure 29. Métadonnées dans un logiciel de traitement de texte

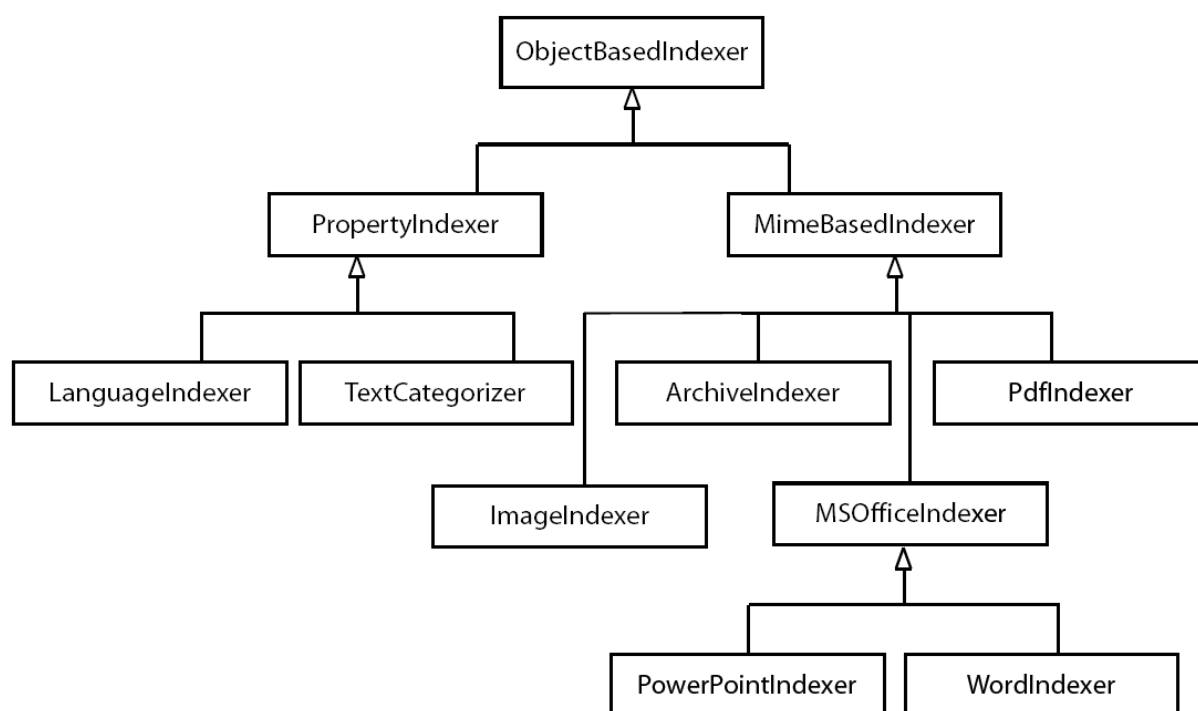


Figure 30. Hiérarchie de classes permettant la génération de métadonnées [Cardinaels, 2007]

L'équipe du laboratoire de communications multimédia de l'Université de Darmstadt va plus loin avec la mise en place de composants distribués chargés de capturer les informations liées au cycle de vie directement dans les outils utilisés pour la création, l'utilisation et la modification des objets pédagogiques [Lehmann et al., 2007]. Le composant surveille les processus de création, de changement et d'utilisation et extrait les informations nécessaires à partir de la capture d'évènements. Il dispose d'une mémoire cache pour pouvoir travailler hors ligne. Les implémentations sont pour l'instant limitées (1) au module d'édition (*Module Editor*), qui est une combinaison de modules de segmentation, d'agrégation et d'adaptation d'OP, et (2) au vivier du projet *Content Sharing*⁷³.

Néanmoins, lorsque les informations extraites peuvent provenir de plusieurs sources, se posent nécessairement des problèmes de conflits ou des questions sur leur pertinence. Les mécanismes de propagation et d'accumulation des métadonnées, présentés dans la prochaine partie, apportent des réponses à ce problème.

⁷³ Projet Content Sharing : <http://contentsharing.com>

5.3.2 - Mécanismes de propagation et d'accumulation

Les travaux de Hatala et de Forth ont montré qu'il est possible de suggérer les métadonnées à l'intérieur d'un agrégat tel qu'un paquetage SCORM [Hatala & Forth, 2003]. Les objets qui font partie de l'agrégat forment un tout et peuvent ainsi partager plusieurs valeurs de métadonnées. Même si les objets de l'agrégat et leurs métadonnées sont distincts, définir les valeurs de métadonnées de n'importe quel objet peut donner lieu à la propagation d'une valeur suggérée aux autres objets. Si l'agrégat est organisé hiérarchiquement, certaines valeurs peuvent être :

- héritées ou propagées depuis les nœuds parents. La figure 31a représente l'organisation hiérarchique de plusieurs objets ; l'ensemble des valeurs suggérées pour la description du nœud fils correspond à l'union des valeurs des nœuds de niveau supérieur. Ce cas s'applique, par exemple, aux auteurs des nœuds parents qui pourraient bien être également auteur du nœud fils ;

- ou agrégées depuis les valeurs des nœuds fils. La figure 31b représente ce cas de figure. Les exigences d'utilisation technique sont par exemple l'union des exigences techniques de chaque objet de niveau inférieur.

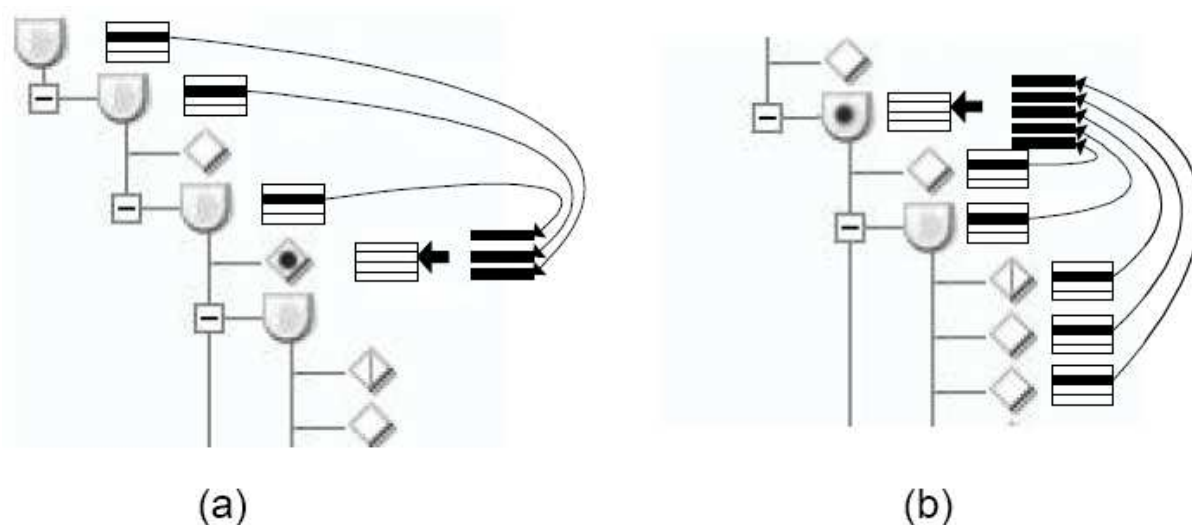


Figure 31. Suggestion de valeurs de métadonnées par propagation (a) et par accumulation (b) [Hatala & Forth, 2003]

Pour les médias bruts, les valeurs des autres médias bruts de type similaire appartenant à l'agrégat, quelque soit la hiérarchie, sont ajoutées aux valeurs suggérées : on peut par exemple supposer que l'auteur est le même pour toutes les images JPEG de l'agrégat.

Les auteurs tentent également d'appliquer le même type de raisonnement pour des objets pédagogiques « similaires » dans les viviers de connaissances.

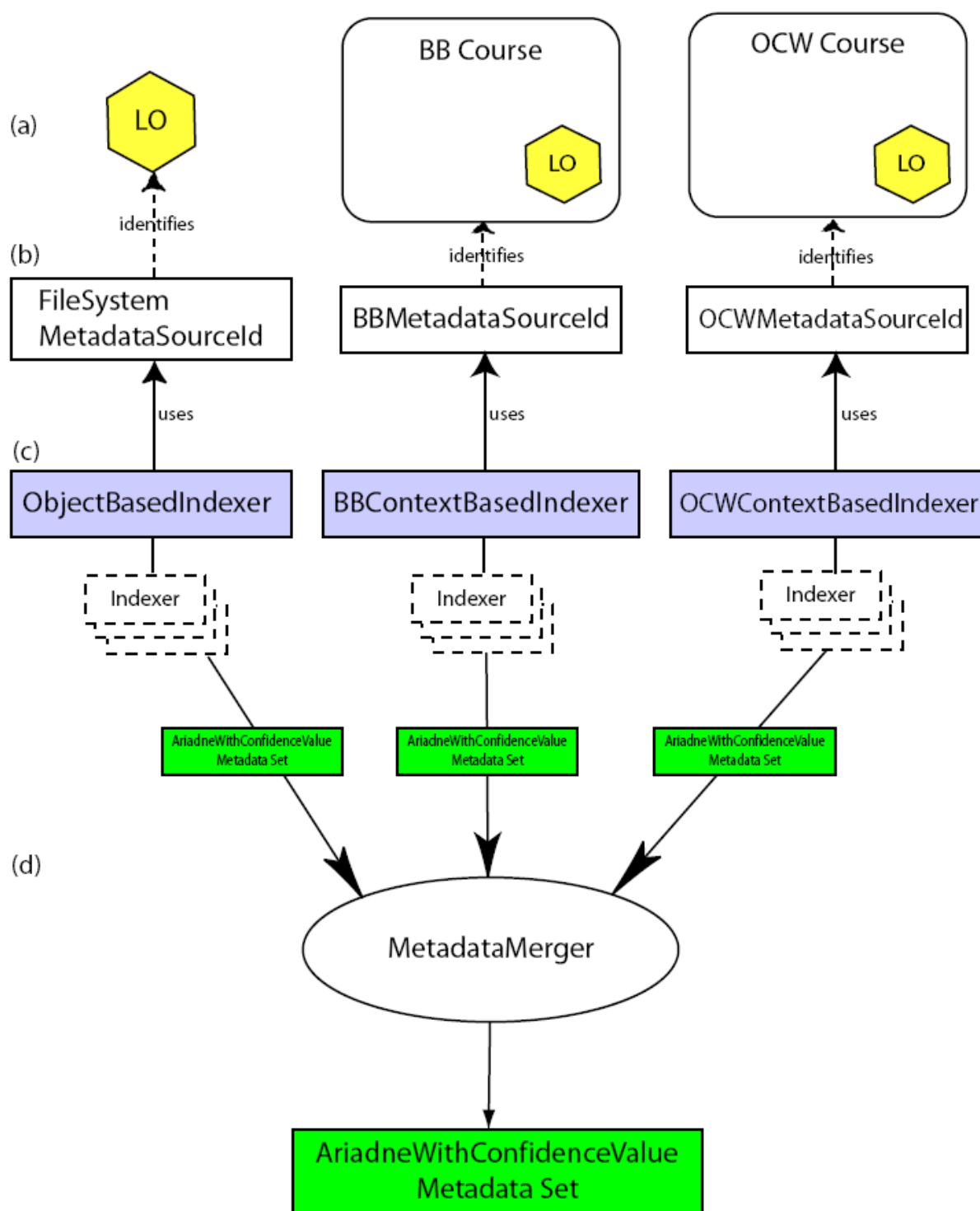


Figure 32. Flux d'informations dans l'architecture AMG [Cardinaels, 2007]

Cardinaels réutilise les processus de propagation et d'accumulation des métadonnées pour générer, et non plus suggérer, des valeurs de métadonnées [Cardinaels, 2006]. Les valeurs finales sont déterminées en utilisant la logique floue, chaque source de valeur se

voyant affectée un coefficient de confiance. Le flux d'informations de l'architecture AMG⁷⁴ mise en place est représenté par la figure 32. Dans la partie (a) l'utilisateur identifie l'objet à indexer dans différents contextes (de gauche à droite : fichier isolé, OP intégré dans une plateforme Blackboard et OP intégré dans un cours OCW⁷⁵). En fonction du type de fichier et de chaque contexte, une instance de métadonnées est générée pour chaque source (parties b et c). La partie d correspond à la fusion des instances de métadonnées ; les valeurs finales tiennent compte des coefficients de confiance associés à chaque source et chaque descripteur.

5.4 - Synthèse

Pour analyser finement, vis-à-vis du cycle de vie, les initiatives de standardisation relatives à la description des objets pédagogiques, nous avons tout d'abord défini dans le tableau 3 les informations nécessaires à leur suivi, regroupées par objectifs. Le tableau 4, quant à lui, synthétise le résultat de nos analyses. Même si le Dublin Core est plus efficace dans la définition de la durée de validité, le LOM sera préféré pour décrire un objet pédagogique et son cycle de vie. Certaines faiblesses devront toutefois être corrigées :

- le vocabulaire utilisé pour définir le rôle des acteurs et l'état de l'objet pédagogique est insuffisant ;
- les modifications effectuées par les différents acteurs ainsi que l'importance de ces modifications ne sont pas renseignées ;
- l'OP reste diffusable et utilisable sans jamais être remis en cause. Il n'y a pas de durée de validité ;
- la relation avec un autre OP a pour cible l'OP lui-même et non sa description ;
- et enfin la description des retours d'expériences, des suggestions d'utilisation et des évaluations de l'OP reste limitée.

Il est possible d'extraire des métadonnées à partir des objets pédagogiques créés à l'aide de logiciels auteurs mais la qualité de la description dépend beaucoup de la motivation et du sérieux des auteurs à renseigner les métadonnées en amont. De plus, la prise en charge des métadonnées est très diverse d'un outil à l'autre : si les métadonnées d'ordre technique sont souvent générées automatiquement, les métadonnées d'ordre général sont saisies par l'auteur et celles d'ordre pédagogique sont souvent absentes.

⁷⁴ AMG : Automatic Metadata Generation

⁷⁵ OCW : Open Course Ware, <http://www.ocwconsortium.org/>

Enfin, lorsque plusieurs sources fournissent le même type d'information, les mécanismes de propagation et d'accumulation permettent de définir la valeur finale des métadonnées. Ces mécanismes nous seront très utiles pour extraire des informations en provenance des évolutions précédentes de l'objet pédagogique.

Le chapitre suivant fait le bilan de l'état de l'art en faisant ressortir l'ensemble des verrous à lever.





Objectifs	Dublin Core	LOM et profils d'application
Identifier l'OP et ses métadonnées	Titre (<i>Title</i>) Identifiant ressource (<i>Identifier</i>) <i>Pas d'identifiant de métadonnées</i>	Titre (1.2) Identifiant OP (1.1) Identifiant Métadonnées (1.3)
Situer l'OP dans son cycle de vie	<i>Pas de version</i> Relations (<i>Source, Relation</i>),  <i>identifiant</i> <i>Pas de granularité</i> Durée de validité (<i>Date.available, Date.valid</i>) <i>Pas d'étape du cycle</i>	Version (2.1) Relations (7), précisions de CanCore pour les évolutions,  <i>identifiant</i> Niveau d'agrégation (1.8) <i>Pas de durée de validité</i> Etat (2.2) <i>vocabulaire mal adapté pour CanCore, enrichi pour LOM-INSA</i>
Situer l'OP par rapport aux autres OP	Relations (<i>Relation</i>),  <i>identifiant</i>	Relations (7),  <i>identifiant</i>
Mesurer l'évolution de l'OP et de ses métadonnées	Contributeurs (<i>Creator, Publisher, Contributor</i>) <i>Rôles limités</i> Date de modification (<i>Date.modified</i>) <i>Pas de modifications apportées</i> <i>Pas d'importance des modifications</i>	Contributeurs (2.3.2, 3.2.2) Rôles (2.3.1, 3.2.1) <i>vocabulaire enrichi pour LOM-INSA + LOM-FR</i> Date de contribution (2.3.3, 3.2.3) <i>Pas de modifications apportées (LOM-INSA : commentaire contribution)</i> <i>Pas d'importance des modifications</i>
Bien utiliser et améliorer l'OP	Elément <i>Description</i> <i>peu adapté</i>	Commentaires (8) <i>mais pas de type de commentaire, ni d'évaluation quantitative, ni de rôle pour les contributeurs</i>

Tableau 4. Comparatif des initiatives de standardisation et manques vis-à-vis du cycle de vie de l'OP et de ses métadonnées

Chapitre 6 - Les verrous à lever

6.1 - Introduction

Cherchant à définir une structuration méthodique en vue de définir le cycle de vie de l'objet pédagogique et de sa description par les métadonnées, nous avons tout d'abord cherché à définir et caractériser ces deux notions dans le chapitre 2. L'environnement dans lequel évolue l'objet pédagogique, présenté dans le chapitre 3, a montré la grande diversité de systèmes, d'outils et d'acteurs impliqués. Une grande diversité a également été mise en valeur dans le chapitre précédent par rapport aux différentes approches trouvées dans la littérature pour définir le cycle de vie. Nous allons relever ici les différents verrous qu'il faudra lever pour (1) définir un cycle de vie générique et (2) modifier l'environnement de l'OP pour permettre la mise en œuvre de ce cycle.

6.2 - Définir un cycle de vie générique

L'analyse de l'environnement dans lequel évolue l'objet pédagogique a fait ressortir trois systèmes. Chacun d'eux est attaché aux principales phases du cycle de vie retrouvées dans la littérature :

- les logiciels auteurs sont utilisés pour la production ou la réingénierie des objets pédagogiques ;
- les viviers de connaissances sont utilisés principalement pour la diffusion, même si nous souhaitons étendre leur rôle à tout le cycle de vie ;
- les plates-formes pédagogiques correspondent à l'utilisation des OP.

Néanmoins, de nombreuses approches ont été trouvées dans la littérature, répondant toutes à des besoins particuliers. L'analyse de ces approches révèle que :

- des termes différents sont utilisés pour décrire les mêmes étapes ;
- les termes employés peuvent avoir des significations différentes en fonction du contexte dans lequel ils sont utilisés ;
- des manques existent dans les différentes approches.

Il est donc nécessaire de définir une terminologie significative ainsi qu'un enchaînement générique d'étapes qui puissent être appliqués dans n'importe quel cas. La représentation de ces étapes doit utiliser un formalisme reconnu pour en favoriser son adoption. La généricité doit être étendue à l'environnement dans lequel évolue l'OP. L'utilisation du standard LOM et de la spécification SQI vont dans ce sens.

6.3 - Enrichir les standards de description de l'objet pédagogique

La description de l'objet pédagogique est extrêmement importante pour assurer son suivi à travers son cycle de vie.

Le chapitre 2 a été l'occasion de montrer que dans ce cas le LOM est plus adapté que DublinCore. Il dispose déjà d'un certain nombre d'éléments intéressants mais plusieurs faiblesses demeurent par rapport aux objectifs définis dans le tableau 3:

- le vocabulaire pour définir le rôle des acteurs est trop limité, il ne permet pas de couvrir l'intégralité du cycle de vie ;
- le vocabulaire pour définir l'état de l'OP est lui aussi trop limité, il ne permet pas d'identifier clairement dans quelle étape du cycle se trouve l'objet pédagogique ;
- les différents contributeurs n'ont pas la possibilité de renseigner les modifications qu'ils ont effectuées ;
- une mesure quantitative de l'importance des modifications faciliterait la mise à jour des objets pédagogiques importés dans les plates-formes, compte tenu de leurs évolutions stockées dans les viviers de connaissances ;
- l'objet pédagogique ne doit pas être diffusé et exploité éternellement. Comme le permet DublinCore, il y a nécessité de définir une durée de validité ;
- toute relation de l'OP décrit pointe vers un OP cible. Il faudrait orienter cette relation vers la description de cet OP cible pour, par exemple, faciliter l'exploration des différentes évolutions ;
- enfin, il reste à améliorer la prise en compte des retours d'expériences, des suggestions d'utilisation et des évaluations de l'OP par la prise en compte dans la catégorie 8 du LOM du type de commentaire, des évaluations quantitatives et du rôle des contributeurs.

6.4 - Faciliter le renseignement des métadonnées

La prise en compte des métadonnées est très disparate d'un système à l'autre, d'un format de fichier à l'autre et d'un outil à l'autre. C'est au niveau du vivier de connaissances qu'elles sont les plus complètes. Ce dernier peut donc jouer un rôle fédérateur en centralisant l'ensemble des évolutions de l'OP et leurs descriptions associées.

Cependant, l'enrichissement des métadonnées suggéré dans la partie précédente implique de fait un plus grand nombre d'éléments à renseigner, ce qui représente un réel danger pour les utilisateurs chargés de l'indexation pour lesquels le sentiment d'un travail rébarbatif et bureaucratique est à proscrire. Il faut donc trouver des solutions pour faciliter le renseignement des métadonnées.

Dans la partie 5.3.2, Cardinaels a montré qu'il est possible d'extraire et de générer des métadonnées automatiquement à partir de fichiers de type courant. Lehmann et ses collègues ont également montré que des composants distribués peuvent capturer des informations liées au cycle de vie. Les travaux de notre équipe montrent que des métadonnées peuvent être déduites du contexte d'une plate-forme pédagogique lorsqu'un auteur utilise ce système pour indexer un nouvel OP dans un vivier. La plate-forme n'est cependant pas le système le plus adapté à la production d'OP, mais la même démarche pourrait être adoptée pour extraire des informations du contexte des logiciels auteurs, ou du contexte du système de gestion de contenus dans le cas du consortium IEM. Enfin, une quantité non négligeable de métadonnées pourrait être déduite des évolutions précédentes de l'OP.

6.5 - Faciliter la gestion de projet en offrant de la visibilité

Améliorer la description de l'OP vis-à-vis de son cycle de vie et rendre accessible cette information constituent des avantages indiscutables, mais faut-il parcourir toutes les évolutions d'un objet pédagogique, une par une, pour se rendre compte de l'avancée des projets ? De plus des auteurs peuvent, en cours de production ou de réingénierie, avoir des avis divergents sur le contenu d'un objet pédagogique. Il arrive, comme nous avons pu l'observer au sein du consortium IEM, qu'ils décident de créer des évolutions différentes compte-tenu de leurs divergences. Comment identifier ces branches compétitives ? Comment identifier également les changements de format du même objet pédagogique ?

Des outils devraient donc permettre de représenter graphiquement le cheminement des évolutions de l'OP afin de faciliter et d'améliorer son suivi en offrant une vision globale de la situation.

6.6 - Collecter les retours d'expériences pour favoriser la réingénierie

La partie 3.3.2 a mis l'accent sur des difficultés qui doivent être surmontées pour offrir un mécanisme d'évaluation des objets pédagogiques efficace :

- malgré la nécessité de partager et de réutiliser ces informations, la plupart des LOR présentés dans le tableau 2 enregistrent les critiques des pairs, les commentaires et les suggestions d'utilisation dans une base de données spécifique. Elles ne font pas partie des métadonnées ;

- des systèmes web spécifiques ont été élaborés pour gérer les évaluations, ils diffèrent souvent des systèmes utilisés pour apprendre et enseigner ;

- le standard LOM ne tient pas compte, ni du rôle de l'entité qui crée le commentaire, ni du type de commentaire (global, critère spécifique ou suggestion d'utilisation). De plus, l'élément dédié à la description (LOM 8.3) est bien adapté aux critiques qualitatives mais pas aux critiques quantitatives.

Pour résoudre ces problèmes, notre système repose sur deux propositions principales :

- 1- le stockage des commentaires dans les métadonnées et dans les viviers de connaissances en améliorant la catégorie Commentaires du LOM ;

- 2- la collecte des commentaires depuis les plates-formes pédagogiques grâce à la virtualisation de l'objet pédagogique qui facilite les échanges entre ces dernières et les viviers de connaissances.

6.7 - Maintenir la cohérence entre OP importés et leurs évolutions

Enfin, un objet pédagogique est importé dans une plate-forme à un moment donné en vue de son exploitation. Se pose alors le problème de sa mise à jour, ses évolutions étant stockées dans le vivier de connaissances. Comment garder une cohérence de l'ensemble ?

Là encore, la virtualisation offre une piste intéressante mais nécessite un enrichissement de ses services pour prendre en compte la gestion des évolutions de l'OP.

Partie II – Définition du cycle de vie générique et des services supports

Chapitre 7 - Cycle de vie générique et impacts sur la description de l'objet pédagogique

7.1 - Introduction

Le chapitre 4 a été l'occasion de montrer la grande diversité des approches existantes pour décrire le cycle de vie de l'objet pédagogique et la confusion qui peut régner dans les termes utilisés. Il est donc nécessaire de spécifier une terminologie adéquate avant de proposer un cycle de vie générique capable de répondre à l'ensemble des situations rencontrées. La description joue un grand rôle dans le suivi de l'objet pédagogique au cours de son cycle de vie ; il convient de présenter les conséquences du cycle de vie générique, tant sur les modifications nécessaires du schéma de métadonnées que sur la façon de renseigner ces métadonnées.

7.2 - Le cycle de vie générique

7.2.1 - Spécification d'une terminologie

Nous avons montré dans le chapitre 4 que différents termes étaient utilisés pour exprimer des étapes définies dans différentes initiatives. De plus, le même terme peut être employé avec des significations différentes selon le contexte utilisé. Il est nécessaire de définir une terminologie tenant compte de ces différentes initiatives pour représenter les étapes du cycle de vie générique. Nous proposons donc d'utiliser les termes suivants :

- l'**initialisation** représente la première étape du cycle de vie. Le terme initialisation est préféré au terme initiation utilisé dans CanCore car en français, l'initiation est plus associée à l'apprentissage et à la découverte qu'à l'initialisation d'un processus ;
- la **conception**, utilisée par UeL et le LOM-INSa, peut également être appliquée à l'étape de création du produit multimédia ;
- la **réalisation**, utilisée par UeL et pour le produit multimédia, correspond à l'étape de développement/fabrication mentionnée dans le LOM-INSa ;
- la **conception** et la **réalisation** sont conjointement employées lors des étapes de production citées par Steinmetz et ARIADNE (*authoring*), ainsi que par le LOM-INSa et le

produit multimédia, ou lors de la création énoncée par ARCADE. Ces deux termes correspondent également à des processus de modification ou d'adaptation de l'objet pédagogique (*reauthoring* utilisé par Steinmetz et Rensing, *repurposing* utilisé par Cardinaels) ;

- la **classification**, mentionnée par Strijker (*labeling*), concorde avec l'étape de référencement décrite par UeL ;

- la **validation** telle qu'elle est indiquée dans CanCore, UeL, ARIADNE et le LOM-INSa ;

- la **diffusion**, utilisée par le LOM-INSa et par Strijker et Cardinaels (*offering*), s'applique également à l'étape de distribution du produit multimédia ainsi qu'à l'étape d'indexation dans ARIADNE ;

- la **recherche** est mentionnée par Strijker (*selecting*) et Cardinaels (*obtaining*) ;

- l'**utilisation**, citée par Strijker et Cardinaels (*using*), Steinmetz (*learning*) et pour le produit multimédia, englobe les étapes d'exploitation d'ARIADNE et d'ARCADE ;

- les **retours d'expériences** tels qu'ils sont spécifiés par ARCADE sont très importants puisqu'ils vont permettre d'améliorer le matériel pédagogique ;

- le **retrait** représente l'arrêt de l'exploitation de l'objet pédagogique. Il correspond à la terminaison de CanCore.

Nous utiliserons également le terme « phase » pour représenter un ensemble d'étapes ; une même étape pouvant apparaître dans plusieurs phases. Dans ce cas, les termes suivants seront utilisés :

- la **production** correspond à toutes les étapes de création aboutissant à un objet pédagogique prêt à l'emploi ;

- la **diffusion** : en tant que phase, ce terme prend une signification plus large qu'en tant qu'étape puisqu'il englobe à la fois les étapes de diffusion et de recherche ;

- la **réingénierie** est citée par Steinmetz (*re-authoring*) et Strijker (*retaining*). Elle correspond à l'amélioration ou l'adaptation d'un objet pédagogique déjà exploité.

Un terme tel que la localisation (LOM-INSa) s'applique dans le cas d'une adaptation de l'objet pédagogique à un nouveau contexte géographique et/ou culturel ; il correspond donc à une réingénierie.

Comme Cardinaels, nous considérons que l'indexation (*labeling*) des évolutions de l'OP se réalise tout au long du cycle de vie.

Le périmètre des différents termes a été défini dans la terminologie ci-dessus. Ces termes vont être utilisés dans la proposition de cycle de vie générique qui va maintenant suivre.

7.2.2 - Proposition d'un cycle de vie générique

Nous devons dans un premier temps caractériser clairement, à partir des analyses réalisées dans le chapitre 4, le cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées en adoptant une démarche pouvant s'appliquer à n'importe quel contexte, en restant le plus générique possible [Catteau et al., 2006a].

7.2.2.a - Les phases du cycle de vie générique

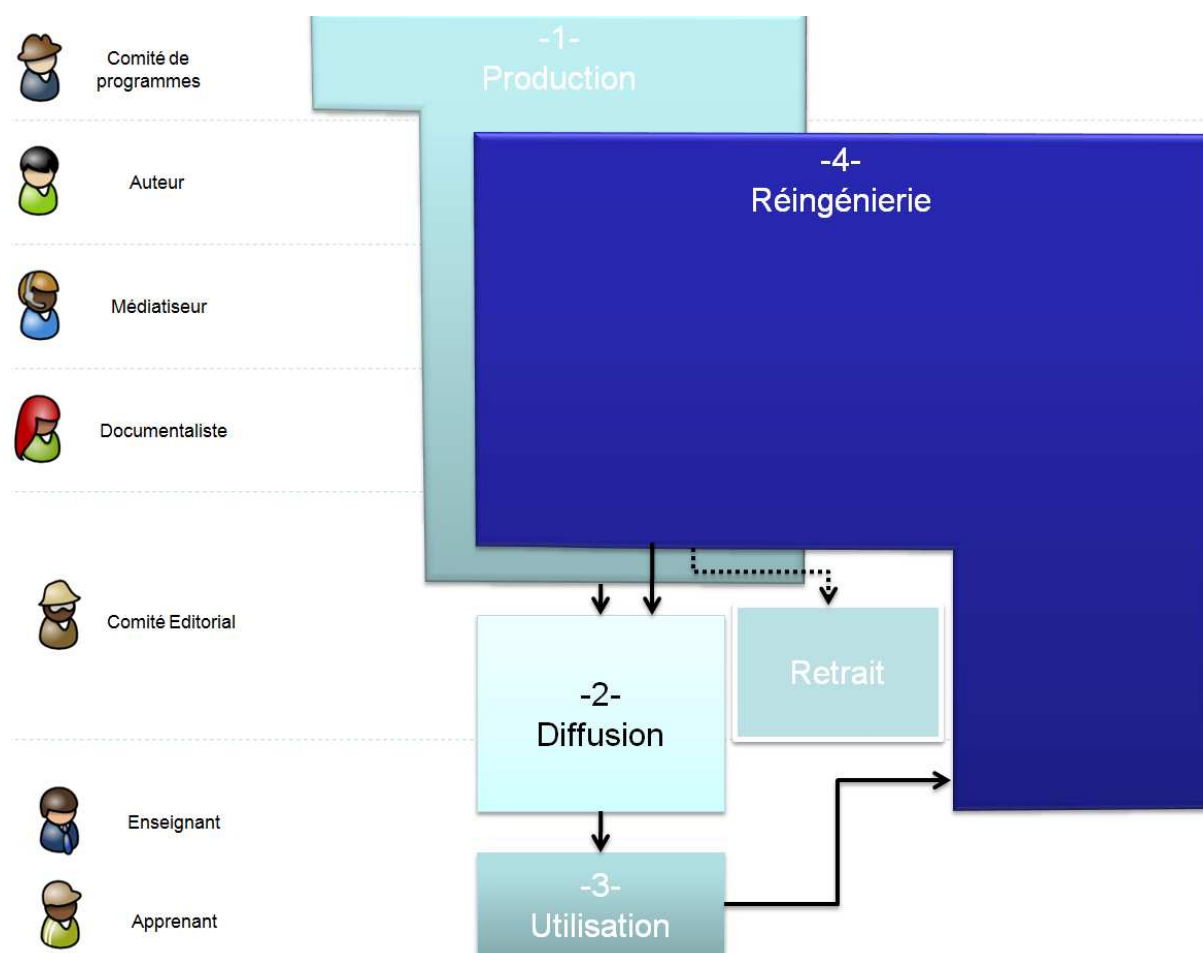


Figure 33. Les phases du cycle de vie générique de l'objet pédagogique

Pour s'intégrer plus facilement dans la mémoire collective, un cycle de vie doit être le plus simple possible. C'est la raison pour laquelle nous proposons, dans un premier temps,

une représentation générique du cycle de vie, illustrée par la figure 33, composée de cinq phases.

Les membres du comité de programme, les auteurs, les médiatiseurs, les documentalistes et les experts du comité éditorial vont rassembler leurs compétences et leurs efforts pour créer un objet pédagogique prêt à l'emploi pendant la phase de **production**. Le comité éditorial va ensuite autoriser sa **diffusion** qui sera principalement réalisée par les enseignants éditeurs chargés de rechercher et d'intégrer l'objet pédagogique dans les plates-formes d'apprentissage. Les apprenants, encadrés par les enseignants, pourront alors exploiter l'OP en phase d'**utilisation**. En fonction de l'avis des experts, des enseignants et des apprenants, un processus de **réingénierie** peut ultérieurement être enclenché pour améliorer l'OP ou l'adapter à des besoins particuliers, grâce aux auteurs, médiatiseurs, documentalistes, et experts du comité éditorial qui sont à nouveau sollicités. Enfin, lorsqu'il est constaté que l'OP devient obsolète, il est retiré de toute exploitation en phase de **retrait**.

7.2.2.b - Les étapes du cycle de vie

Aux phases de production, de diffusion, d'utilisation, de réingénierie et de retrait, correspondent une à plusieurs étapes. Le nombre d'étapes étant plus élevé que le nombre de phases, la mémorisation de la représentation générique qui en découle, représentée par la figure 34, en est de fait plus complexe. Pour faciliter cette mémorisation, l'utilisation de diagrammes d'activités UML⁷⁶ a été adoptée en tant que formalisme largement reconnu.

Au cours de l'étape d'**initialisation**, l'objet pédagogique ne contient qu'une description des intentions du comité de programmes qui a décidé de lancer la création d'un nouvel OP pour répondre à une nouvelle demande de formation. Il s'agit de définir : Quels sont les objectifs de l'OP ? Quelle est la discipline concernée ? Quels sont les pré-requis nécessaires ? A quel type de public s'adresse-t-il ?

L'objet pédagogique entre ensuite dans l'étape de **conception**. Il s'agit d'une étude permettant de répondre aux objectifs fixés en phase d'initialisation. Les experts du domaine, les ingénieurs pédagogiques, les scénaristes et les enseignants-auteurs visent à définir les caractéristiques spécifiques de l'objet pédagogique : Que va-t-il contenir ? Comment vont s'enchaîner ses différentes parties ? Quel type d'interactivité faut-il mettre en place ?

⁷⁶ UML : Unified Modeling Language, langage de modélisation unifié correspondant à une formalisation très aboutie de la modélisation objet utilisée en génie logiciel.

Puis, l'objet pédagogique passe dans l'étape de **réalisation**. Il s'agit pour les médiateurs de le concrétiser en le rendant exploitable : Comment appliquer la mise en forme ? Lorsque l'OP est réalisé sous forme de produit multimédia, les créateurs graphiques, les spécialistes de l'image, du son, de la vidéo, et du multimédia, les ergonomes interviennent dans la réalisation : comment créer les illustrations et animations graphiques nécessaires ? Quel type de support est le mieux adapté ? Comment créer les bandes son et animations vidéo quand elles sont nécessaires ? Comment rendre l'utilisation de l'OP la plus attrayante possible ?

L'objet pédagogique rejoint plus tard l'étape de **classification**. Il ne subit pas de modification mais cette phase importante permet à un documentaliste, à un archiviste multimédia, de le classer par rapport à des systèmes de classification tels que Dewey [Open Computer Library Center, 2007]. Cela permet de situer l'OP par rapport aux autres objets et offre un moyen pour le retrouver facilement dans un domaine particulier. Cela facilite également la diffusion de l'OP à l'extérieur de l'organisation responsable de sa production. La classification n'est en fait qu'une partie de l'indexation. En effet, seule la partie 9 du LOM est ici concernée.

L'objet pédagogique passe ensuite dans l'étape de **validation**. Il s'agit ici d'une validation globale : il faut soumettre à l'avis de différents experts et/ou d'un comité éditorial, la qualité de l'objet pédagogique tant dans son contenu et sa forme que dans sa description. C'est l'enchaînement « naturel » des étapes qui est ici décrit. Nous reviendrons sur les différents cas possibles à l'issue de la validation.

Une fois l'objet pédagogique validé, il va dans l'étape de **diffusion**. Il s'agit de permettre sa distribution. Le choix a été fait de stocker les différentes évolutions de l'OP dans les viviers de connaissances ce qui assure déjà techniquement sa diffusion, quelque soit l'étape du cycle de vie concernée. Il faut comprendre ici qu'en termes de logistique la diffusion se fait pour des objets pédagogiques prêts à l'emploi, à une échelle plus grande que pour les seuls acteurs chargés de la production ou de la réingénierie. L'interconnexion des viviers de connaissances permet d'accroître la diffusion. Pendant cette étape, il est également possible de mobiliser un distributeur commercial pour assurer la gestion commerciale et le suivi des ventes de l'OP.

Pendant l'étape de **recherche**, le responsable pédagogique a besoin de trouver l'objet pédagogique qui correspond le mieux à la formation qu'il souhaite mettre en place. Les viviers de connaissances sont dotés de moteurs de recherche permettant, à partir de multiples critères définis par l'utilisateur, de retrouver l'ensemble des OP qui y correspondent.

Lors de l'étape d'**utilisation**, l'objet pédagogique est intégré à un dispositif permettant son exploitation. Apprenants et enseignants-tuteurs utilisent généralement les plates-formes pédagogiques pour tirer profit de l'objet pédagogique.

Il s'agit, lors de l'étape de **retours d'expériences**, d'analyser les avis des utilisateurs qui auront pu être collectés lors de la phase d'utilisation pour étudier les évolutions ou adaptations possibles et/ou nécessaires de l'objet pédagogique. L'initiative du SFoDEM⁷⁷ est intéressante à ce niveau, car à chaque OP sont associés un compte-rendu d'expérimentation renseigné avant et après l'exploitation de l'OP en classe, ainsi qu'une fiche « traces de travaux d'élèves » [Guin & Trouche, 2006]. Cette étape de retours d'expériences donne lieu le plus souvent au recommencement d'un cycle à partir de la conception. D'autres cas de figure seront présentés ci-dessous.

L'objet pédagogique peut terminer son parcours par son **retrait**. Il ne peut alors plus être utilisé. Les viviers de documents autorisent la suppression de l'OP. Les viviers de références autorisent le déréférencage de l'OP. Ce dernier ne peut alors plus être recherché par les responsables de formation, même si le document numérique continue à être hébergé. Dans les 2 cas, il est toutefois important de conserver l'OP et sa description complète à des fins d'archivage pour pouvoir retracer le passé, l'évolution de la formation.

Le détail des cinq phases du cycle de vie est représenté par la figure 34. Les étapes partant de l'initialisation jusqu'à la validation concernent toutes la phase de production de l'OP. La phase de diffusion est quant à elle composée de deux étapes : l'étape de diffusion proprement dite, et l'étape de recherche. Deux phases sont mono-étape : l'utilisation et le retrait. Enfin, la phase de réingénierie est composée d'une étape de retours d'expériences et des étapes de conception, réalisation, classification et validation, déjà présentes dans la phase de production.

⁷⁷ SFoDEM : Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques

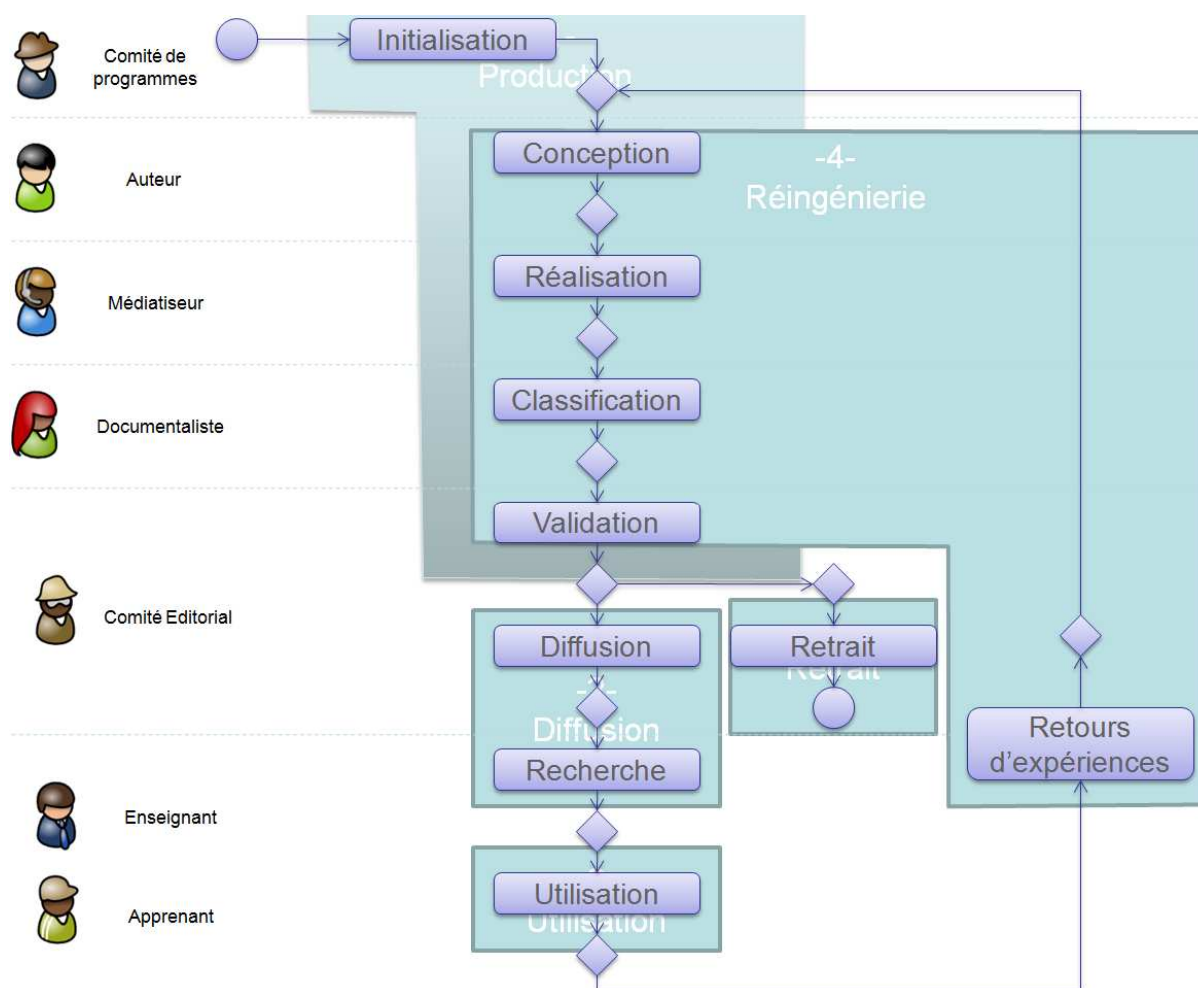


Figure 34. Les étapes du cycle de vie générique

7.2.2.c - Processus de validation

La représentation détaillée du cycle de vie peut être approfondie par les différents cas de figure pouvant être rencontrés lors de la validation, comme le montre la figure 35. La validation peut donner lieu à un avis favorable débouchant sur l'étape de diffusion, mais en cas d'avis défavorable du comité éditorial, l'objet pédagogique peut retourner en classification (si la description est mal renseignée), en réalisation (si la forme n'est pas satisfaisante), ou même en conception (si le contenu est à revoir). Enfin, lorsque l'OP est jugé obsolète, c'est l'étape de retrait qui est atteinte.

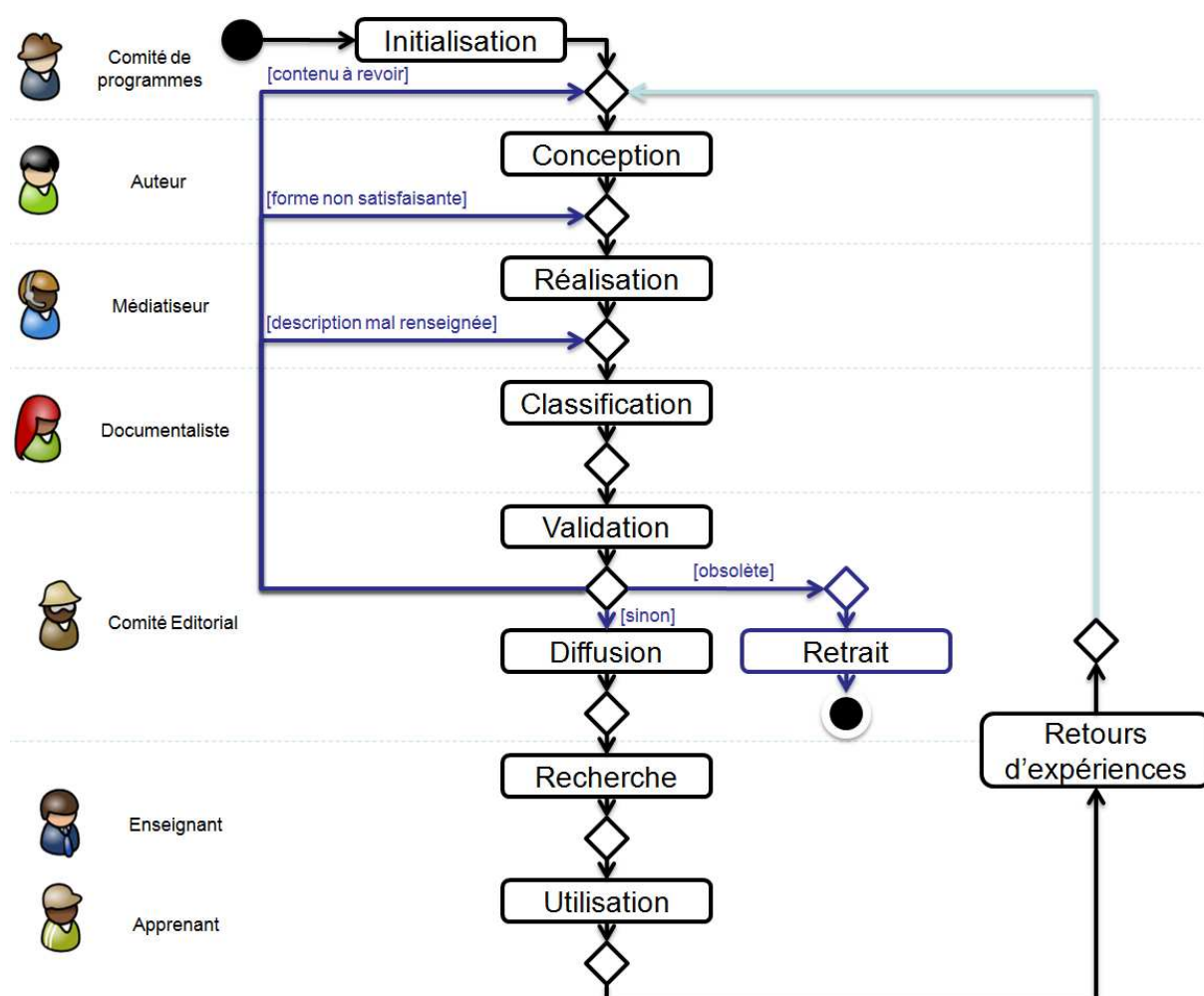


Figure 35. Processus de validation

7.2.2.d - Prise en compte des retours d'expériences

Le même type de raisonnement est appliqué après une étape de retours d'expériences (cf. figure 36). En fonction des différents avis collectés, l'objet retourne en conception (modification du contenu) ou en réalisation (modification de la forme). Il arrive aussi qu'un objet pédagogique, bien conçu et bien réalisé, soit parfois utilisé dans un domaine différent de celui prévu initialement. Il est alors nécessaire de retourner dans l'étape de classification pour compléter la description de l'OP. Enfin, Il peut également être décidé de retirer l'OP s'il ne répond plus à aucun besoin.

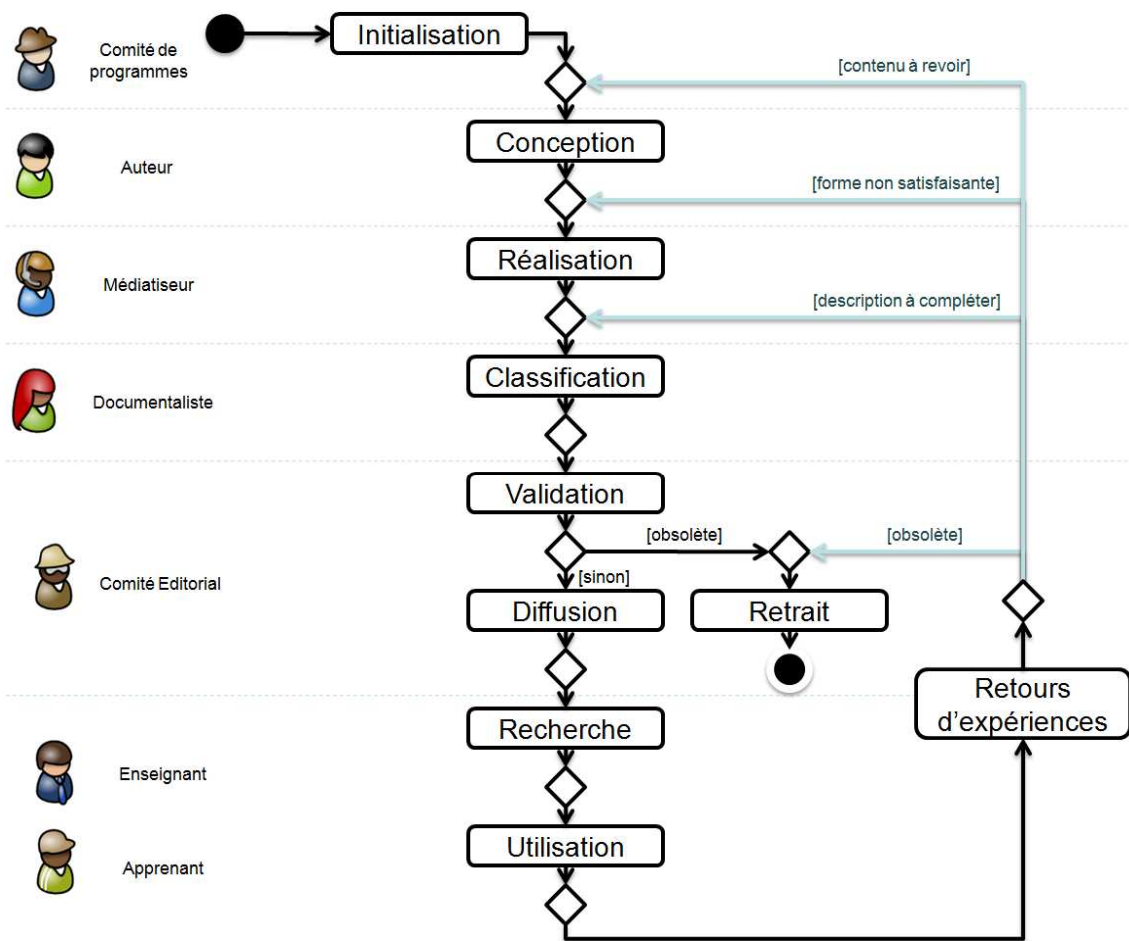


Figure 36. Prise en compte des retours d'expériences

7.2.2.e - Prise en compte de la durée de validité de l'objet pédagogique

La validité de l'OP dans la durée doit être définie pour éviter de diffuser une ressource pédagogique *ad vitam aeternam*. La prise en compte de ce critère est représentée dans la figure 37. Si la date de fin de validité est atteinte pendant les étapes de diffusion, de recherche et d'utilisation, l'avis du comité éditorial est de nouveau sollicité pour une nouvelle étape de validation.

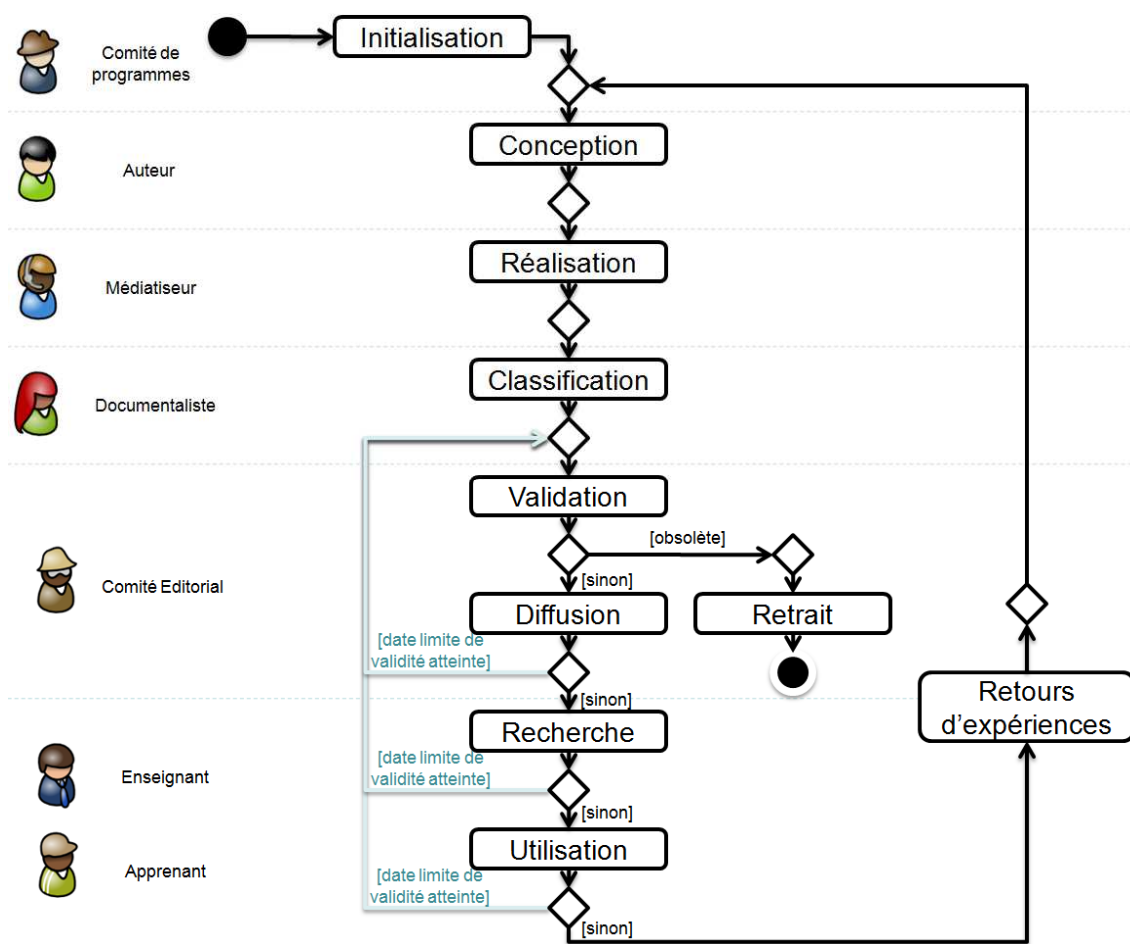


Figure 37. Prise en compte de la date limite de validité

7.2.2.f - Cycle de vie générique complet

Une présentation de l'enchaînement « naturel » des étapes du cycle de vie générique a tout d'abord été présentée, suivie des différents cas de figure pouvant être rencontrés à la suite de l'étape de validation et après l'étape de retours d'expériences. La mise en place d'une durée de validité de l'objet pédagogique nécessite également une prise en compte dans l'enchaînement des étapes. La représentation complète du cycle de vie générique, prenant en compte tous les éléments pré-cités est illustrée par la figure 38.

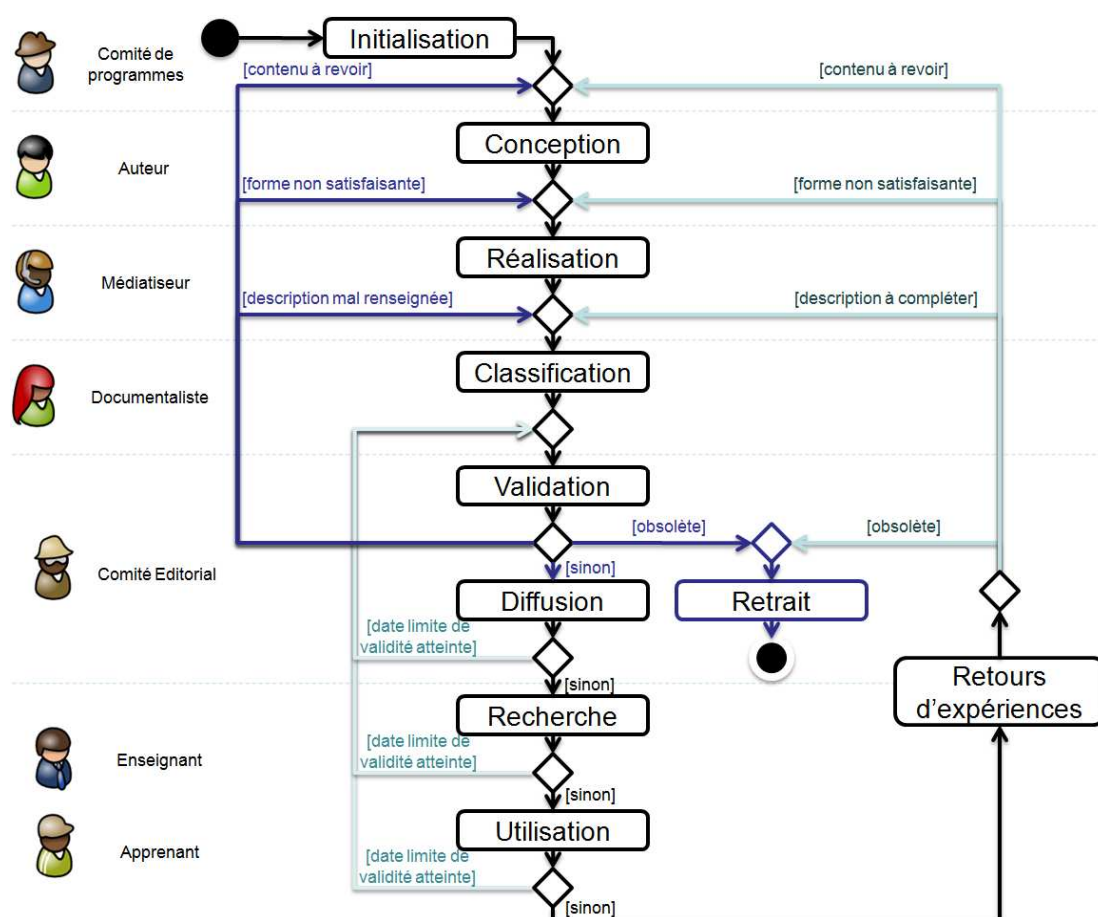


Figure 38. Cycle de vie détaillé complet

Le chapitre 5 a montré l'importance de la description de l'OP. A partir des critères définis dans le tableau 3, permettant d'assurer le suivi du cycle de vie, les manques des différentes initiatives de standardisation en matière de description d'objet pédagogique ont été relevés dans le tableau 4. La prochaine partie est consacrée aux solutions permettant de répondre aux problèmes rencontrés.

7.3 - Enrichissement des métadonnées

Le LOM, ou l'un de ses profils d'application, est de nos jours le plus souvent utilisé pour décrire des objets pédagogiques prêts à l'emploi, les créateurs d'OP n'étant pas assez sensibilisés au « *versionning* » [UK Metadata for Education Group, 2004]. Il est plus adapté que d'autres initiatives telles que le Dublin Core pour prendre en compte l'intégralité de notre représentation générique, mais nécessite tout de même un enrichissement de ses métadonnées [Catteau et al., 2006b]. Nous sommes donc amenés à proposer les évolutions dans le schéma de métadonnées qui sont représentées en gras sur la figure 39 et qui sont détaillées dans les parties suivantes.

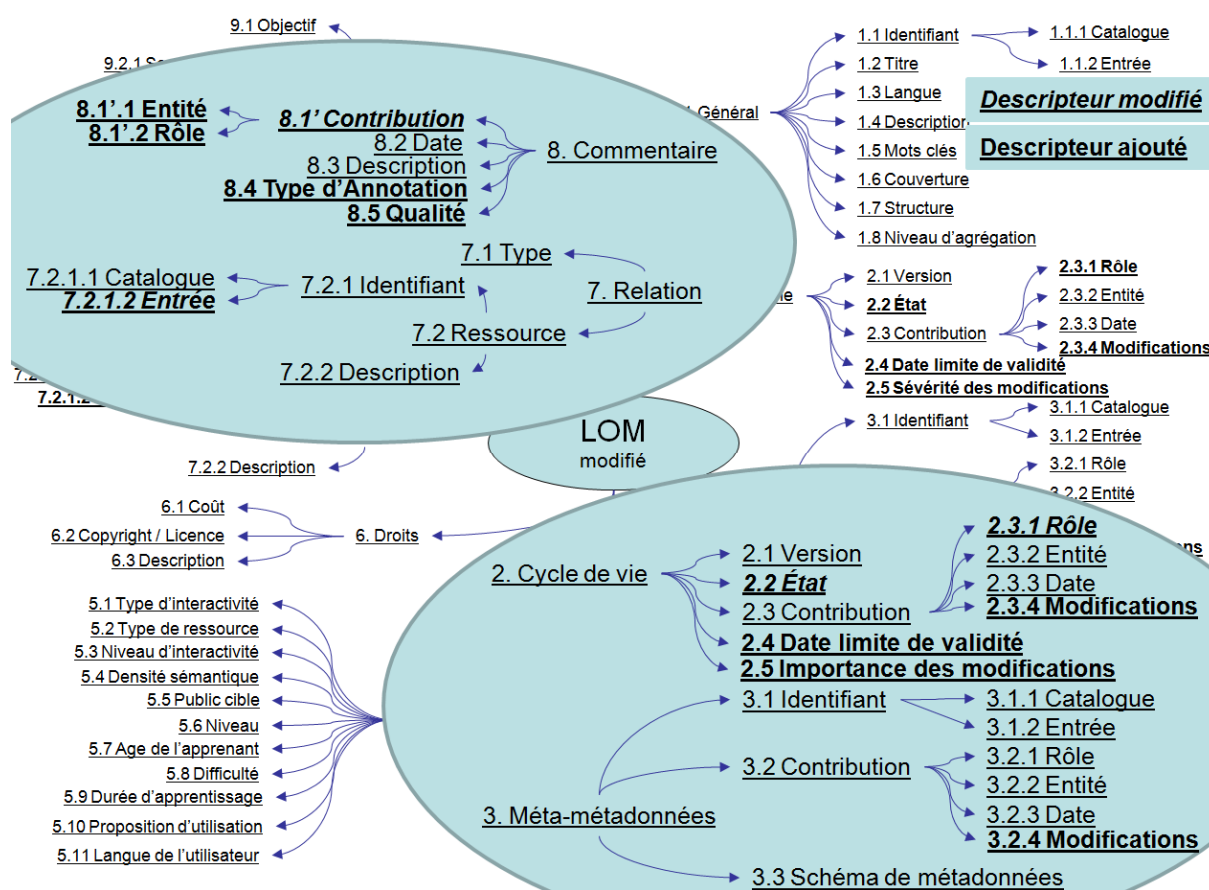


Figure 39. Révision du standard LOM pour supporter le cycle de vie générique

7.3.1 - L'état de l'objet pédagogique

Pour intégrer notre représentation générique dans le LOM, le descripteur le plus significatif est celui définissant l'état de l'objet pédagogique (2.2 Cycle de vie.État). Le standard définit un vocabulaire, c'est-à-dire un ensemble de valeurs, pour ce descripteur. La figure 40 fait correspondre les éléments du vocabulaire et les différentes étapes que nous avons définies.

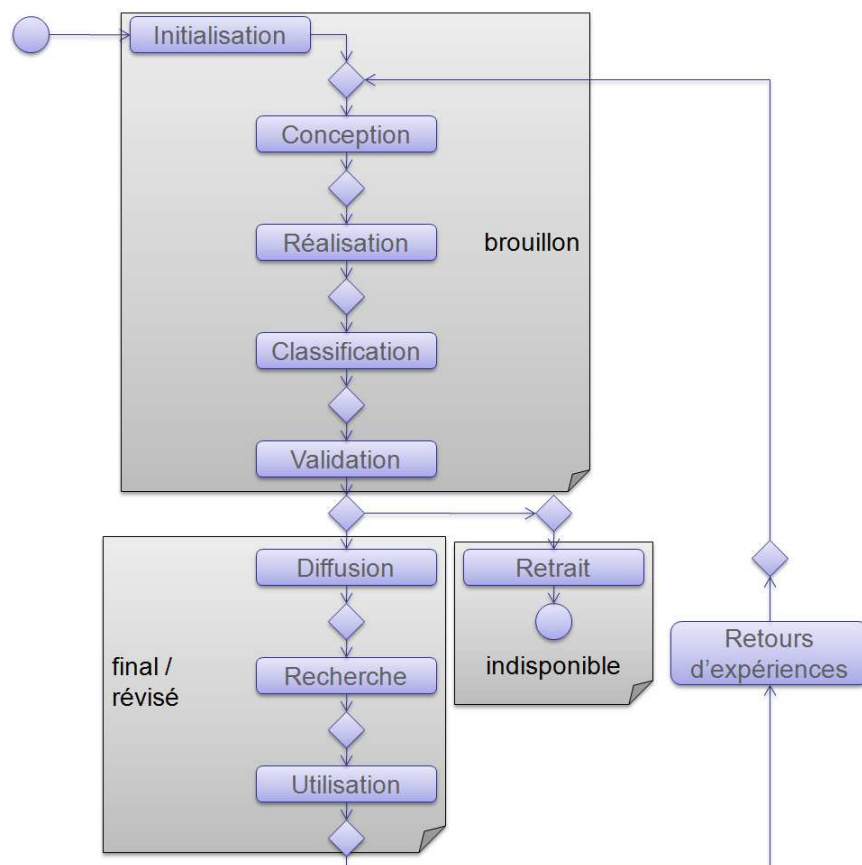


Figure 40. Correspondance entre l'état de l'OP et les étapes du cycle de vie

Cependant, il est préférable d'utiliser un vocabulaire alternatif, plus adapté aux différentes étapes du cycle de vie pour définir l'état de l'OP. Cela permet de mieux se situer en identifiant plus précisément l'étape en cours de notre représentation générique. Ainsi, déclarer qu'un objet pédagogique est dans l'état « brouillon » est trop vague, car cela concerne les cinq étapes allant de l'initialisation à la validation. De plus, aucun élément de vocabulaire actuel ne correspond à l'étape de retours d'expériences. Le LOM permettant de proposer une alternative au vocabulaire existant, nous proposons sur la figure 41 des éléments de vocabulaire plus en adéquation avec notre représentation générique du cycle de vie.

Les étapes de diffusion, de recherche et d'utilisation correspondent toutes au même état car elles ne sont pas sources de modification de l'objet pédagogique ni de sa description. De plus, une révision de l'OP peut au même moment être diffusée depuis un vivier de connaissances, recherchée par un enseignant éditeur, et exploitée dans une plate-forme pédagogique.

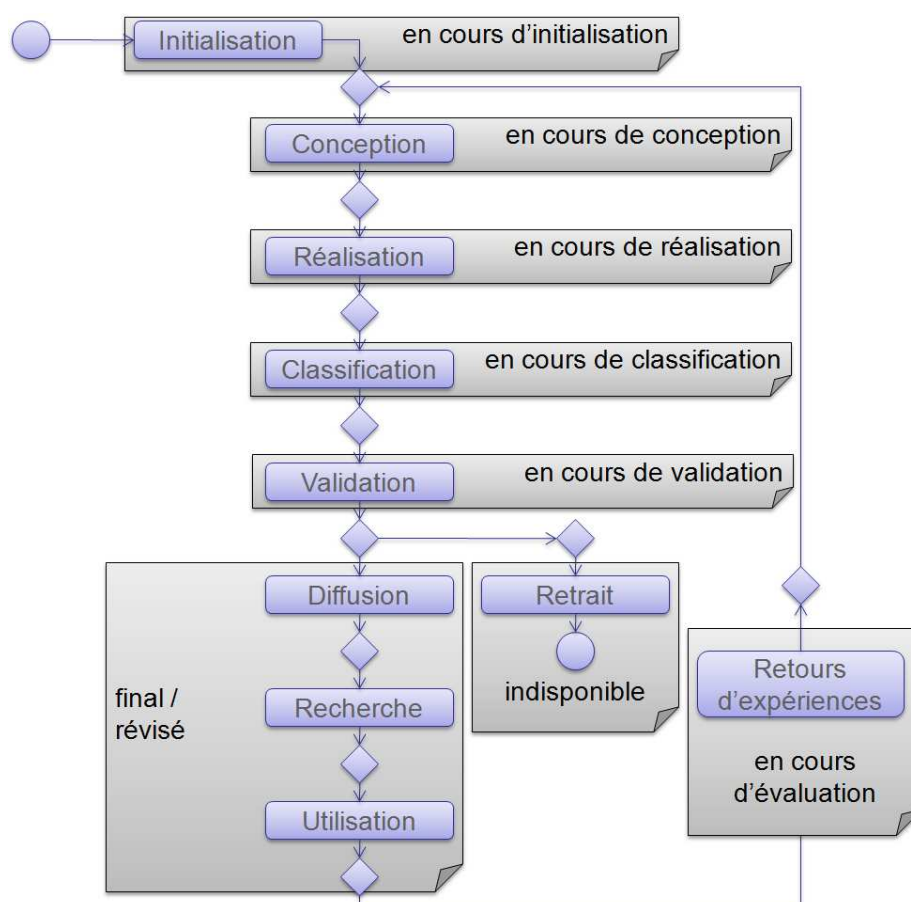


Figure 41. Vocabulaire alternatif pour définir l'état de l'objet pédagogique

7.3.2 - Le rôle des contributeurs

Les éléments de vocabulaire définissant le rôle des contributeurs (LOM 2.3.1 *Cycle de vie.Contribution.Rôle* et 3.2.1 *Méta-métadonnées.Contribution.Rôle*) sont limités et ne permettent pas de prendre en compte l'ensemble des intervenants durant le cycle de vie. L'ensemble des compétences requises pour utiliser les outils auteurs présentés dans le chapitre 3 n'est, par exemple, pas totalement pris en charge. Les rôles de musicien, d'artiste, de chorégraphe, de commentateur, de distributeur, de monteur (film), de photographe, etc. seront ainsi définis comme « inconnu » dans le LOM. Nous préconisons, comme c'est le cas pour le profil d'application LOM-FR, d'utiliser l'annexe C du format UNIMARC [IFLA, 2000]. Ce format, mis en place par la fédération internationale des bibliothèques institutionnelles et associatives (IFLA⁷⁸), regroupant plus de 1700 membres répartis dans 155 pays, est donc reconnu à l'échelle internationale et offre un vocabulaire beaucoup plus riche pour le rôle des contributeurs et permet ainsi de combler les manques du LOM à ce niveau.

⁷⁸ IFLA : International Federation of Library Associations and Institutions

7.3.3 - La date de fin de validité

Le chapitre 5 a montré qu'un objet pédagogique est difficilement exploitable *ad vitam æternam*. Nous proposons alors la mise en place d'un nouveau descripteur de métadonnée visant à définir la date de fin de validité d'un objet pédagogique dans son cycle de vie (descripteur 2.4 *Cycle de vie.Date limite de validité* sur la figure 39). Par rapport à la représentation générique du cycle de vie, ce descripteur sera renseigné lors de la phase de validation par un comité éditorial ou par des experts du domaine. Lorsque la date de fin de validité est atteinte, l'OP repasse automatiquement en phase de validation, comme le montre la figure 37.

Pendant la nouvelle phase de validation, les experts sont à nouveau mis à contribution pour évaluer l'objet pédagogique. En cas d'avis favorable, la date de fin de validité est redéfinie et l'exploitation de l'OP est à nouveau autorisée. Mais dans le cas contraire, l'objet pédagogique peut retourner à l'étape de classification (description mal renseignée compte tenu du nouveau contexte), à l'étape de réalisation (forme à faire évoluer), ou même à l'étape de conception (contenu à redéfinir). Il peut également être décidé de retirer définitivement l'objet pédagogique ; l'étape de retrait est alors atteinte.

7.3.4 - La cible des relations

Actuellement la catégorie 7 (*Relation*) du LOM permet d'indiquer des dépendances avec d'autres objets pédagogiques ou avec les évolutions de l'OP décrit. La cible est identifiée par une entrée (7.2.1.2 *Relation.Ressource.Identifiant.Entrée*) définie dans un catalogue donné (7.2.1.1 *Relation.Ressource.Identifiant.Catalogue*). Il est cependant préférable de faire correspondre cette entrée à l'identifiant de la description de l'objet pédagogique cible, plutôt qu'à l'identifiant de l'objet lui-même ; il sera ainsi plus aisé de retrouver toutes les évolutions précédentes.

7.3.5 - Le suivi des modifications apportées

Le LOM ne permet pas de renseigner la nature des modifications apportées entre deux évolutions d'un même objet pédagogique, qu'elles soient syntaxiques et/ou sémantiques [Brooks, Cooke et Vassileva, 2003]. L'utilisation du descripteur 7.2.2 (*Relation.Ressource.Description*) est envisageable, mais les recommandations du LOM précisent que ce descripteur doit être utilisé pour décrire l'objet pédagogique cible, et non pas les modifications apportées. De plus, la catégorie 7 (*Relation*) ne permet pas de faire le lien avec l'auteur des modifications parmi les contributeurs de l'objet cible.

En suivant l'initiative du LOM-INSA, nous préconisons l'ajout d'un descripteur permettant à chaque contributeur intervenant sur l'objet pédagogique d'indiquer les modifications qu'il a apportées sur ce dernier (descripteur 2.3.4 *Cycle de vie.Contribution.Modifications* sur la figure 39). Ceci facilitera le contrôle de l'évolution de l'objet. Par exemple, si un relecteur est amené à corriger le contenu d'un OP, il précisera les modifications apportées ainsi que les parties de l'OP qui ont été modifiées dans ce nouveau descripteur. Le chef de projet mesurera ainsi plus efficacement l'avancée du projet. Les responsables de formation mesureront aussi plus facilement l'intérêt qu'ils ont à intégrer la nouvelle version de l'OP dans le cursus de formation d'un étudiant donné.

Nous appliquons le même raisonnement pour le renseignement des métadonnées et préconisons l'ajout d'un descripteur permettant aux créateurs et aux validateurs de métadonnées d'indiquer les modifications qu'ils ont apportées sur ces dernières (descripteur 3.2.4 *Méta-métadonnées.Contribution.Modifications* sur la figure 39). Par exemple, le validateur de métadonnées indiquera qu'il a modifié les termes utilisés pour un descripteur donné.

7.3.6 - L'importance des modifications apportées

Le renseignement qualitatif des modifications apportées par chaque contributeur est très important pour mesurer l'évolution de l'objet pédagogique. Cependant, lorsqu'un enseignant exploite un objet pédagogique donné avec ses apprenants, et qu'il doit prendre la décision d'utiliser la nouvelle version de cet OP qui vient d'être déposée dans le vivier, il va devoir observer les modifications de chaque contributeur pour chacune des évolutions précédentes. Pour une prise de décision plus rapide, ou pour automatiser cette prise de décision, nous suggérons l'ajout d'un descripteur définissant de manière globale et quantitative l'importance des modifications entre deux versions de l'OP (descripteur 2.5 *Cycle de vie.Importance des modifications* sur la figure 39). L'espace de valeurs utilisé est alors le suivant :

- « faible » : la nouvelle version présente quelques modifications qui ne portent pas atteinte à la compréhension pédagogique. C'est le cas de corrections syntaxiques ou d'orthographe.
- « moyen » : la nouvelle version a des modifications qui ont un faible impact sur la compréhension pédagogique. Cela arrive lorsque les explications n'étaient pas suffisamment claires pour les apprenants dans l'OP source.

- « élevée » : la nouvelle version présente au moins une modification ayant un réel impact sur la compréhension pédagogique. Ce cas se produit, par exemple, lorsque de nouveaux concepts sont abordés.

Nous reviendrons sur l'utilisation de ce descripteur dans la partie 8.4.

7.3.7 - Une meilleure prise en compte des commentaires

L'utilisation de la catégorie 8 du LOM (*Commentaire*) permet de renseigner les retours d'expériences indispensables au déclenchement d'une phase de réingénierie. Comme nous le verrons de manière plus approfondie dans la partie 8.3, une meilleure prise en compte des commentaires nécessite :

- l'extension de la structure de l'élément LOM 8.1 pour obtenir un Contributeur complet comprenant l'entité (descripteur 8.1'.1 *Commentaire.Contribution.Entité* sur la figure 39) et son rôle (descripteur 8.1'.2 *Commentaire.Contribution.Rôle* sur la même figure);

- l'ajout de l'élément « Type d'Annotation » qui indique si le commentaire est global, lié à un critère spécifique, ou s'il décrit une suggestion d'utilisation (descripteur 8.4 *Commentaire.Type d'Annotation* sur la figure 39);

- l'ajout de l'élément « Niveau de Qualité » qui donne les résultats d'une évaluation quantitative (descripteur 8.5 *Commentaire.Qualité* sur la figure 39).

Le schéma de métadonnées enrichi que nous proposons permet une prise en compte totale du cycle de vie générique de l'objet pédagogique. Cet enrichissement des métadonnées présente toutefois l'inconvénient d'un plus grand nombre d'éléments à renseigner ce qui complexifie le travail de saisie de ces informations par les utilisateurs. La prochaine partie présente deux mécanismes facilitant le renseignement des métadonnées.

7.4 - Le renseignement progressif et la propagation des métadonnées

La plupart du temps, l'indexation d'un objet pédagogique est effectuée quand ce dernier est finalisé [UK Metadata for Education Group, 2004]. Dans notre représentation du cycle de vie (figure 38), cela revient à faire l'indexation pendant l'étape de classification. Est-ce le meilleur moment pour la faire ? La grande quantité de métadonnées est alors trop souvent renseignée par une seule personne qui n'a pas forcément toutes les compétences

requis. Il est préférable, pour la qualité des métadonnées, de confier l'indexation à plusieurs contributeurs aux compétences variées, comme le proposent les étapes du profil d'application ManUeL [De La Passardière & Jarraud, 2004], ou la mise en place d'un profil d'application augmenté [Rebai & Labat, 2006]. Dans ce dernier cas, les informations des profils d'application du standard de base font l'objet d'un classement en trois parties :

- la partie Modèle correspond au schéma des métadonnées complétée par des informations sur le contexte ;
- la partie Contrôle spécifie les règles d'interaction entre les métadonnées et les utilisateurs ;
- et enfin, la partie Vue détermine comment les métadonnées doivent être présentées aux utilisateurs et notamment quel vocabulaire peut être utilisé.

La figure 42 illustre un exemple de profil d'application augmenté. Ainsi, enseignant, pédagogue, informaticien et psychologue ne pourront renseigner que les métadonnées qui les concernent dans le profil d'application français.

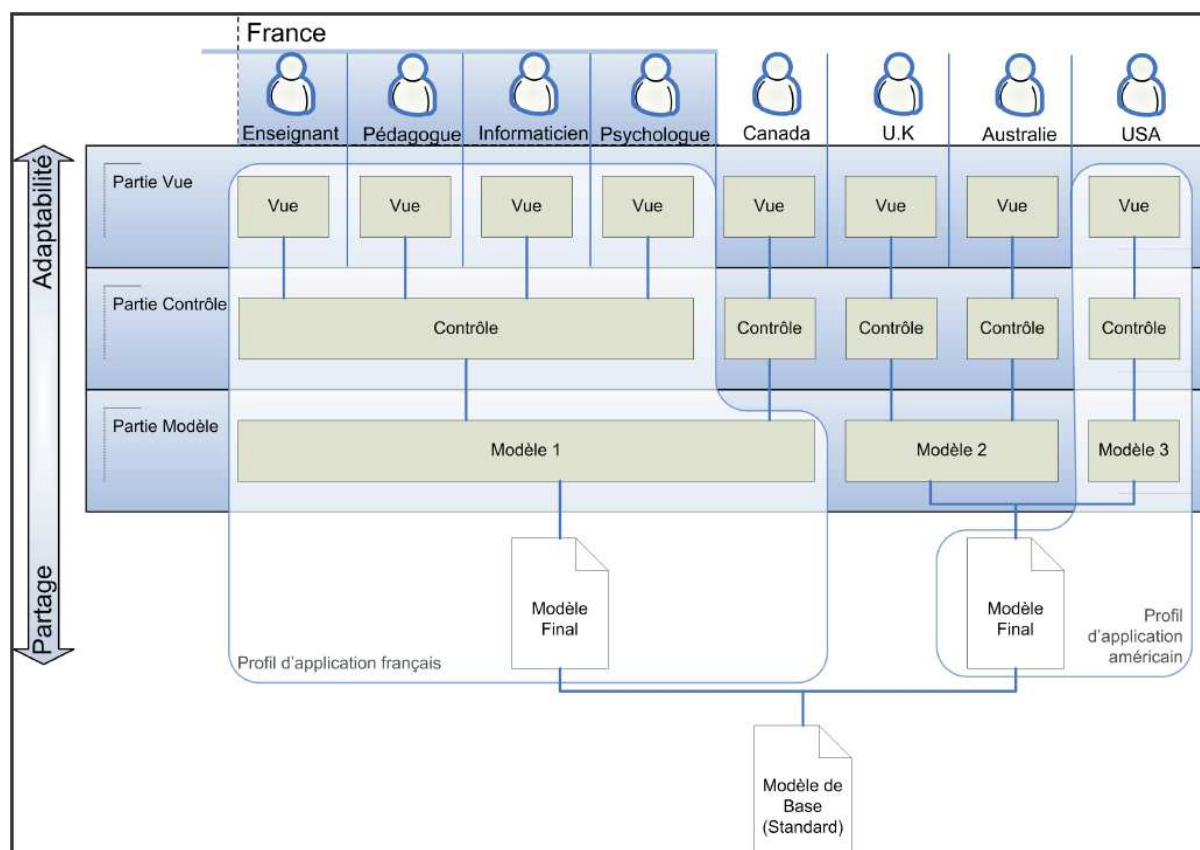


Figure 42. Profil d'application augmenté [Rebai & Labat, 2006]

Notre approche va encore plus loin, en considérant que non seulement l'indexation doit être effectuée par plusieurs acteurs, mais qu'elle doit aussi se faire à chaque étape du

cycle de vie de l'objet pédagogique, dès l'initialisation, pour chacune de ses évolutions [Catteau et al., 2007c]. Aussi, plusieurs évolutions peuvent être entreposées lors de la même étape (lors des étapes de conception et de réalisation par exemple). Chaque évolution doit bénéficier de la description de l'évolution précédente par un mécanisme de propagation des métadonnées.

Cardinaels utilise pour générer les métadonnées plusieurs documents correspondant au même OP prêt à l'emploi intégré dans des contextes différents. Notre approche est différente car les évolutions de l'OP sont créées et indexées au fur et à mesure. L'indexation est effectuée au moment où l'évolution est stockée dans le vivier, quand elle devient nécessaire aux autres contributeurs, et non une fois qu'elle a été diffusée largement. Néanmoins, le mécanisme de propagation des métadonnées est intéressant car il peut éviter de renseigner à nouveau un élément défini dans l'évolution précédente. Par exemple, il est fort improbable que le titre de l'objet pédagogique, défini en cours d'initialisation, change au cours des évolutions suivantes.

Avant d'aborder précisément les mécanismes de propagation, la prochaine partie revient sur la nécessité d'utiliser les compétences des différents acteurs dans le processus d'indexation comme c'est le cas pour ManUeL et pour les profils d'application augmentés.

7.4.1 - Les métadonnées renseignées en fonction des étapes du cycle de vie

Chaque étape fait intervenir un à plusieurs contributeurs. Chaque contributeur a les compétences pour remplir la partie des métadonnées qui le concerne. La figure 43 présente les descripteurs ou groupes de descripteurs qui doivent être renseignés lors de chacune des étapes.

Un certain nombre de descripteurs devront être renseignés ou générés systématiquement tout au long du cycle, de manière récurrente ; ils apparaissent à gauche de la figure 43. Ainsi, à chaque nouvelle évolution, les métadonnées suivantes devront être renseignées : l'état de l'objet pédagogique (LOM 2.2), les contributions (LOM 2.3 et 3.2), un nouvel identifiant de métadonnées (LOM 3.1 ou 3.1.2) généré par le système informatique, et la relation avec l'évolution précédente (LOM 7) (sauf en cours d'initialisation puisque le cycle de vie de l'OP démarre).

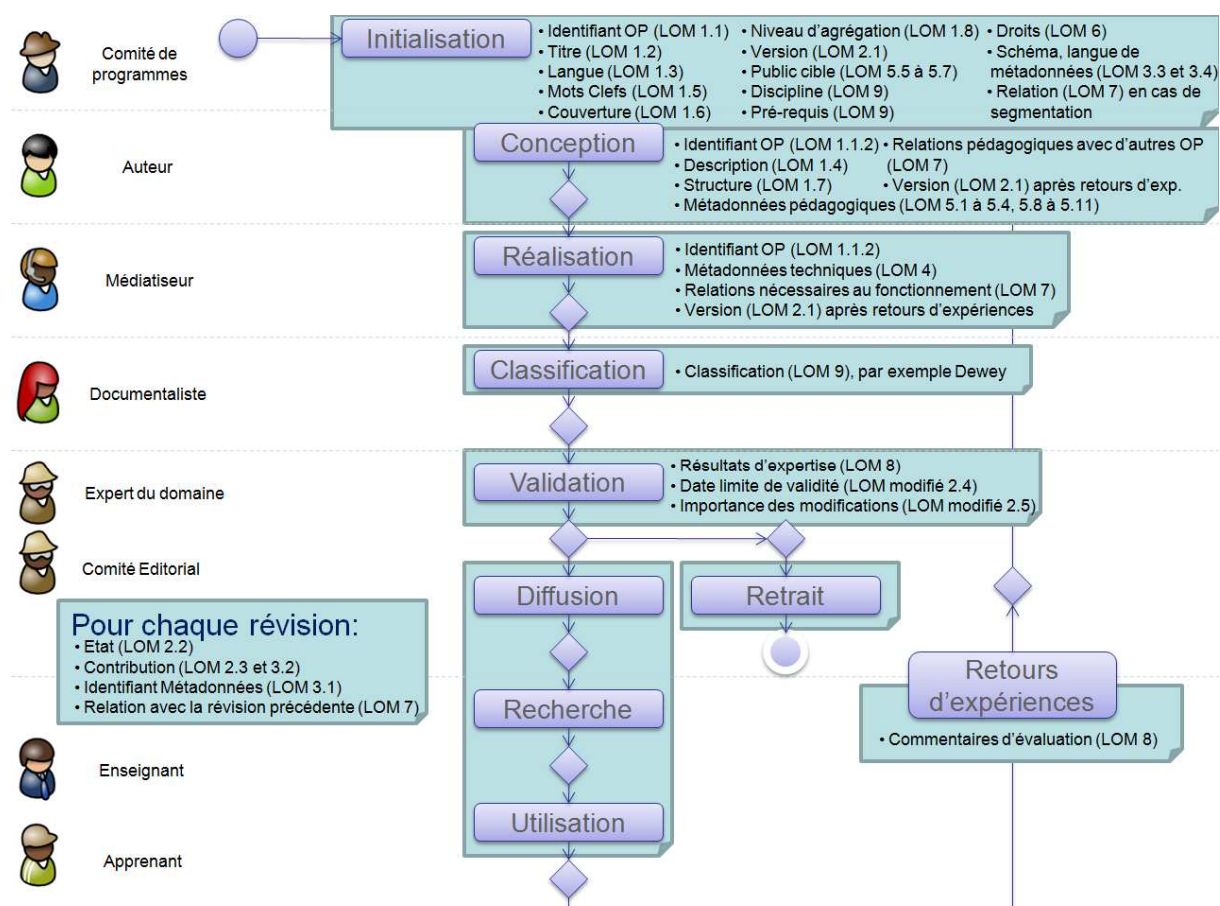


Figure 43. Renseignement progressif des métadonnées

D'autres descripteurs sont spécifiques à l'action d'indexation : l'identifiant de l'OP est renseigné chaque fois que ce dernier est modifié (LOM 1.1 ou 1.1.2), à savoir lors des étapes d'initialisation, de conception et de réalisation ; le numéro de version (LOM 2.1) est défini en début de cycle et évolue pour chaque OP révisé ; les droits d'utilisation (LOM 6), le schéma et la langue des métadonnées (LOM 3.3 et 3.4) sont généralement définis par l'organisation de la formation pour l'ensemble des objets pédagogiques produits.

Enfin, les autres descripteurs, peu nombreux, sont plus spécifiques au contexte :

- en cours d'initialisation, le comité de programme définissant les objectifs de l'objet pédagogique s'intéressera à la plupart des descripteurs de la catégorie Général (LOM 1), à la définition du public cible (LOM 5.5 à 5.7), à la discipline (LOM 9), et aux pré-requis (LOM 9). Lorsque l'OP correspond à une sous-partie d'un OP de granularité plus élevée, la relation avec l'OP parent est également renseignée ;

- en cours de conception, l'auteur va définir la description et la structure de l'OP (LOM 1.4 et 1.7), le reste des métadonnées pédagogiques (LOM 5) ainsi que les relations pédagogiques (ex : pré-requis) avec d'autres OP existants (LOM 7) ;

- en cours de réalisation, le médiatiseur sera plus orienté vers les métadonnées techniques (LOM 4) et les relations avec d'autres OP nécessaires au fonctionnement de l'OP réalisé (LOM 7) ;
- en cours de classification, les documentalistes utilisent souvent le système Dewey [OCLC, 2007] pour situer l'OP par rapport aux autres avec la catégorie Classification (LOM 9) ;
- en cours de validation, les experts du domaine rendent les conclusions de l'évaluation de l'OP (LOM 8) avant que le comité éditorial ne définisse la date de fin de validité de l'OP (LOM modifié 2.4) et l'importance des modifications (LOM modifié 2.5) ;
- en cours d'évaluation, les enseignants reportent les commentaires d'évaluations et souhaits d'amélioration (LOM 8) qu'ils ont pu recueillir.

Finalement, à chaque étape, certaines métadonnées sont renseignées, mais jamais la totalité d'entre elles. La quantité de métadonnées à renseigner est en effet faible, et généralement limitée aux métadonnées récurrentes. Toutefois, un mécanisme de propagation des métadonnées doit être mis en place pour que le travail de description effectué par chaque contributeur s'ajoute à la description complète de l'OP.

7.4.2 - La propagation des métadonnées

Au cours du cycle de vie, la plupart des métadonnées peuvent être héritées ou se propager depuis l'évolution précédente. Une analyse approfondie des différentes transitions pouvant se produire entre étapes du cycle de vie, ainsi qu'entre les évolutions successives au cours de la même étape, nous amène au tableau 5. Dans ce tableau les nombres entre parenthèses correspondent aux numéros des descripteurs du schéma de métadonnées du LOM modifié pour les besoins du cycle de vie. L'étude montre que la propagation ne peut pas s'appliquer :

- pour l'identifiant de l'OP (LOM 1.1.1) chaque fois que ce dernier fait l'objet d'une modification. Par contre, la propagation peut s'appliquer d'une évolution à la suivante lorsque les modifications ne portent que sur les métadonnées ;
- pour l'identifiant des métadonnées (LOM 3.1.2) car ces dernières sont modifiées à chaque évolution ;
- pour le numéro de version de l'OP (LOM 2.1) lorsqu'il doit être modifié. Cela se produit lors du passage de l'étape de retours d'expériences à l'étape de conception ou de réalisation. La relation « est basé sur/a pour base » (*isBasedOn/isBasisFor*), habituellement

utilisée pour le passage d'une évolution à la suivante [Friesen et al., 2003], est alors remplacée par la relation « a pour version/ est une version de » (*hasVersion/isVersionOf*) ;

- pour l'état de l'OP (LOM 2.2), sauf lorsqu'il n'y a pas de changement d'étape ;
- pour la date limite de validité (LOM modifié 2.4) et pour l'importance des modifications (LOM modifié 2.5) lorsqu'elles n'ont plus d'intérêt, c'est-à-dire après l'étape de retours d'expériences ;

- pour la taille (LOM 4.2) et la durée de l'OP (LOM 4.7) quand celui-ci demeure dans l'étape de réalisation. En effet, deux évolutions successives d'un même OP en cours de réalisation ont de fortes chances d'avoir une taille, et si cela s'applique, une durée, différentes ;

- pour les commentaires d'évaluations (LOM 8) qui restent propres à une campagne de collectes de retours d'expériences de la part des utilisateurs. Les résultats d'expertises définis en cours de validation (LOM 8) ne sont, eux aussi, plus propagés après l'étape de retours d'expériences ;

- pour les relations (LOM 7) d'agrégation et les relations avec les évolutions précédentes. La catégorie 7 du LOM (*Relation*) fait l'objet d'une cardinalité multiple, mais les relations mentionnées précédemment restent propres à l'évolution de l'OP décrit, et une explosion combinatoire viendrait alourdir inutilement les métadonnées. Notons que la propagation des autres types de relations n'entraîne pas cette explosion combinatoire et reste pertinente à partir du moment où ces relations ont fait l'objet d'une vérification préalable des évolutions de l'objet cible. En effet, ce dernier évolue également dans son propre cycle de vie, et il serait préjudiciable de ne pas actualiser une relation vers une évolution finalisée de l'objet cible, plus récente.

D'autres descripteurs bénéficient des effets de leur cardinalité multiple. Par exemple, une évolution de l'objet pédagogique en cours de classification fera l'objet d'une description de la contribution du documentaliste et bénéficiera de la propagation des descriptions des médiateurs, des auteurs et des membres du comité de programme.

Enfin, la combinaison des mécanismes de propagation et de renseignement progressif des métadonnées facilite grandement le travail d'indexation dès qu'un cycle complet est achevé, le schéma de métadonnées ayant été pleinement couvert. La plupart des valeurs de métadonnées des évolutions précédentes pouvant se propager, il est possible d'obtenir une description complète à partir de l'étape de retours d'expériences.

Métadonnées	Propagation
Catalogue OP (1.1.1)	Oui
Identifiant OP (1.1.2)	Uniquement quand l'OP n'est pas modifié
Général (1.2 à 1.8)	Oui
Version (2.1)	Oui, sauf si transition depuis étape retours d'expériences
Etat (2.2)	Uniquement si même étape du cycle de vie
Contribution OP (2.3)	Oui
Date limite de validité (2.4)	Uniquement après étape de validation
Importance des modifications (2.5)	Uniquement après étape de validation
Catalogue métadonnées (3.1.1)	Oui
Identifiant métadonnées (3.1.2)	Non
Contribution métadonnées (3.2)	Oui
Schéma métadonnées (3.3)	Oui
Langue métadonnées (3.4)	Oui
Technique (4)	Oui, sauf en cas de sous-étape « en cours de réalisation » pour la taille (4.2) et la durée (4.7)
Pédagogique (5)	Oui
Droits (6)	Oui
Relation issue d'agrégation (7)	Non
Relation avec l'évolution précédente (7)	Non
Relation pédagogique avec un autre OP (7)	Oui, mais vérifier les évolutions de l'OP cible
Relation nécessaire au fonctionnement (7)	Oui, mais vérifier les évolutions de l'OP cible
Commentaires d'évaluation (8)	Non
Résultats d'expertise (8)	Pas de propagation au-delà des retours d'expériences
Discipline (9)	Oui
Pré-requis (9)	Oui
Classification (ex Dewey) (9)	Oui

Tableau 5. Propagation des métadonnées provenant de l'évolution précédente

Pour simplifier encore la tâche des contributeurs, des mécanismes de génération automatique des métadonnées peuvent être mis en œuvre. Ils sont présentés dans la partie suivante.

7.4.3 - Génération automatique de métadonnées à partir du contexte

Des mécanismes d'extraction et de génération de métadonnées ont été présentés dans la partie 5.3. Les principales pistes permettant de faciliter le travail d'indexation sont rappelées ici :

- les métadonnées, souvent d'ordre général et technique, sont prévues dans de nombreux formats de fichiers. Elles peuvent être extraites des fichiers déposés dans le vivier de connaissances ;
- des algorithmes complexes permettent d'analyser le contenu d'un objet pédagogique et d'en déduire des métadonnées comme la langue du document et sa classification ;
- des composants distribués peuvent se charger de capturer des informations utiles à la génération de métadonnées dans les outils utilisés pour la création, l'exploitation et la modification des objets pédagogiques ;
- les travaux relatifs à la virtualisation facilitent les échanges entre plates-formes d'apprentissage et viviers de connaissances. Ils vont permettre la collecte, sur le système le plus approprié et au moment adéquat, d'informations importantes pour déclencher un processus de réingénierie.

7.4.4 - Les évolutions de l'objet pédagogique dans le vivier

Nous considérons qu'un objet pédagogique va avoir plusieurs évolutions successives au cours de son cycle de vie. Le LOM permet d'identifier séparément les métadonnées et l'objet pédagogique. Dans un vivier de connaissances, une distinction peut donc être faite entre le fichier informatique représentant une évolution de l'objet pédagogique et l'instance de métadonnées qui sert à décrire cette évolution. Pour comprendre le rôle fédérateur qui est ici donné au vivier la figure 44 représente un exemple des évolutions successives stockées. Les instances de métadonnées et les fichiers informatiques sont représentés.

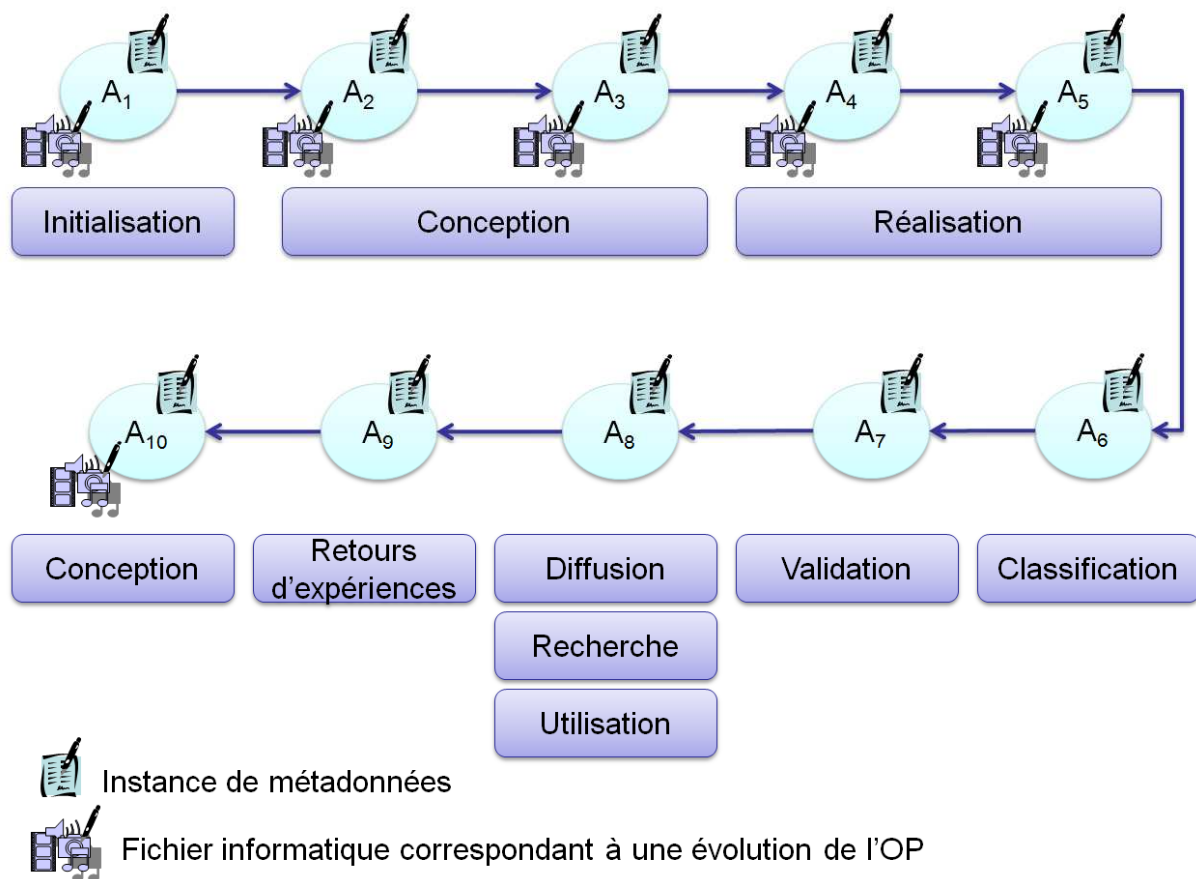


Figure 44. Exemple d'évolutions successives d'un OP stockées dans le vivier

Dans notre exemple, les évolutions A₁ à A₉ se succèdent de l'étape d'initialisation jusqu'à l'étape de retours d'expériences avant de reboucler en conception (A₁₀). Plusieurs évolutions peuvent se succéder au cours de la même étape (ex : A₂ et A₃ en conception). A chaque évolution correspond une nouvelle instance de métadonnées permettant de la décrire. Pendant les étapes d'initialisation, de conception et de réalisation, un fichier informatique nouveau correspond à chaque évolution. Ce n'est par contre pas le cas pour les étapes partant de la classification jusqu'aux retours d'expériences : il n'y a pas de modification du contenu, ni de la forme de l'OP. Ainsi A₆ dispose d'une nouvelle instance de métadonnées par rapport à A₅, mais correspond au même fichier informatique que A₅.

7.5 - Synthèse

La grande diversité des approches existantes permettant de décrire le cycle de vie a tout d'abord donné lieu à la définition d'une terminologie. Le cycle de vie simplifié, représenté par la figure 33, permet avec seulement cinq phases de s'imprégner plus facilement dans la mémoire collective. Il précède la définition du cycle de vie détaillé, représenté en dix

étapes par la figure 38. Ce cycle est représenté à l'aide d'un formalisme largement reconnu : les diagrammes d'activité UML.

Les deux représentations génériques, qu'il s'agisse du cycle simplifié ou du cycle détaillé, peuvent être appliquées à n'importe quelle situation rencontrée dans le chapitre 4 comme le montre la figure 45.

La prise en compte de la représentation générique du cycle de vie nécessite les modifications suivantes du schéma de métadonnées du standard LOM :

- l'utilisation de vocabulaires plus conséquents et plus adaptés pour définir l'état de l'objet pédagogique (LOM 2.2) et le rôle des contributeurs (LOM 2.3.1) ;
- l'ajout de descripteurs pour définir les modifications apportées par les contributeurs (LOM 2.3.4 et 3.2.4), la date limite de validité (LOM 2.4), l'importance des modifications (LOM 2.5), le type d'annotation (LOM 8.4) et la qualité de l'OP évalué (LOM 8.5) ;
- la modification de la description du contributeur d'un commentaire (LOM 8.1) avec prise en charge de son rôle ;
- des relations vers les autres objets pédagogiques ou vers les évolutions du même objet ciblées vers les descriptions et non vers les OP (LOM 7.2.1.2).

Mais l'augmentation du nombre de descripteurs représente un danger pour ceux qui doivent les renseigner. Des mécanismes comme (1) la propagation des métadonnées depuis la révision précédente, (2) le renseignement progressif des métadonnées en fonction des compétences des contributeurs au fil du cycle de vie et (3) la génération automatique de certaines métadonnées doivent être mis en place. Les avantages sont multiples :

- plusieurs métadonnées sont générées sans intervention des contributeurs ;
- chaque acteur agit en fonction de ses compétences et remplit uniquement les métadonnées qu'il maîtrise le plus. La fiabilité et la qualité des informations recueillies sont largement améliorées ;
- la plupart des valeurs de métadonnées renseignées lors des évolutions précédentes peuvent se propager. Le gain de temps est considérable dès que l'étape de retours d'expériences est atteinte, tous les descripteurs ayant été renseignés au moins une fois ;
- la quantité de descripteurs à renseigner à chaque nouvelle étape est relativement faible, ce qui facilite là encore le processus d'indexation ;
- l'intégralité de l'historique des évolutions de l'objet pédagogique peut être retrouvée. Cela permet de gagner en visibilité dans tout le processus de production, de mesurer l'avancée du projet, ainsi que de donner des indicateurs aux responsables de

formation lorsqu'ils doivent prendre la décision d'intégrer ou non la dernière version d'un module de formation.

Un ensemble de services est nécessaire pour mettre en œuvre le cycle de vie d'un objet pédagogique et bénéficier des avantages ci-dessus ; ils sont présentés dans le chapitre suivant.

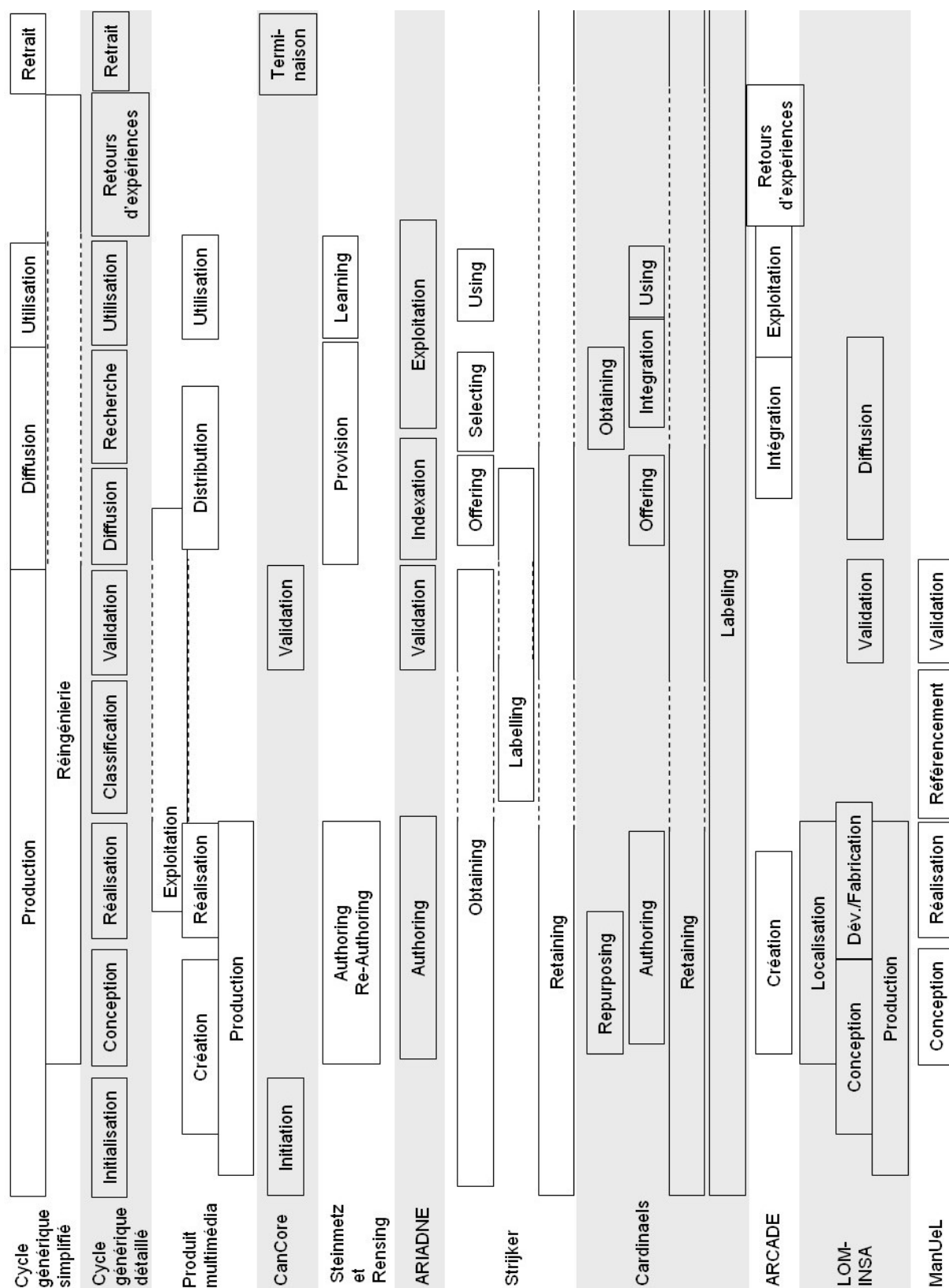


Figure 45. Liens entre le cycle de vie générique et les différentes approches existantes

Chapitre 8 - Services de gestion du cycle de vie

8.1 - Introduction

L'enrichissement des métadonnées présenté dans le chapitre précédent permet d'assurer le suivi de l'OP au cours de son cycle de vie. Pour exploiter la grande quantité de données renseignées, des services doivent être mis en place. Il est en effet difficilement imaginable de demander à un utilisateur de parcourir une par une les descriptions des évolutions d'un objet pédagogique donné pour qu'il puisse se faire une idée de l'avancée des projets ; un service de visualisation est bien plus adapté. Les techniques de visualisation de l'information sont utilisées pour présenter les données aux utilisateurs à l'aide d'images numériques interactives ou animées dans le but d'amplifier la pensée [Card et al., 1999]. Elles augmentent l'explication de données complexes grâce à des représentations visuelles [Tufte, 1990]. La visualisation de l'information facilite le processus de formation mentale d'un modèle des données, permettant ainsi de se faire une idée de ces données [Spence, 2007].

Appliquées à la FOAD, les techniques de visualisation de l'information peuvent être utilisées dans de nombreuses circonstances, telles que le rendu graphique d'une grande quantité de traces d'étudiants collectées dans une plate-forme d'apprentissage [Mazza & Dimitrova, 2004], ou pour visualiser les relations communautaires dans des systèmes pair-à-pair selon une métaphore astronomique composée d'étoiles et de galaxies [Bretzke & Vassileva, 2003], ou encore pour visualiser les interactions sociales en ligne telles que les conversations de groupes [Donath, 2002].

De nombreux projets concernent la visualisation graphique de données extraites des moteurs de recherche. Le système Periscope utilise une approche pour la visualisation adaptative et personnalisable en 3D de données complexes [Wiza et al., 2004]. Le système Infovis développe de nouveaux postulats pour autoriser des accès plus efficaces et souples aux viviers de connaissances. Plusieurs techniques de visualisation de l'information, telles que la représentation *treemap*, les arbres hyperboliques et les diagrammes de Venn sont appliquées au vivier de connaissances ARIADNE [Klerkx et al., 2004].

Cependant, ces systèmes sont utiles aux enseignants et aux apprenants recherchant du matériel d'apprentissage correspondant à des objectifs pédagogiques précis et surtout qui soit prêt à l'emploi. Quand les différents contributeurs créent un objet pédagogique, ils manipulent

souvent un matériel pédagogique varié (évolutions successives, sous-parties de l'OP cible, autres OP liés, etc.). L'inconvénient principal des représentations ci-dessus est que le contexte partagé par tout le matériel pédagogique impliqué dans la production d'un seul OP est le même (classification identique, objectifs pédagogiques et public cible identiques ou très proches, etc.). Le processus de formation mentale d'un modèle des données est de fait fastidieux. Pour résoudre ce problème, nous proposons une autre approche dans laquelle les techniques de visualisation de l'information sont utilisées pour fournir une représentation graphique des relations entre objets pédagogiques et entre évolutions d'objets pédagogiques impliqués dans un processus de production. Comme le montre la figure 46, ce nouveau service de représentation des relations, qui sera présenté dans la partie 8.2, est intégré à la virtualisation de l'objet pédagogique. Un service de gestion des annotations, qui sera détaillé dans la partie 8.3, a également été ajouté pour collecter dans la plate-forme les retours d'expériences et les stocker dans le vivier de connaissances correspondant à l'objet pédagogique évalué. Enfin, la partie 8.4 est consacrée au service de gestion des évolutions et à l'ajout d'une fonctionnalité de convergence au service Importation pour assurer la cohérence entre les objets pédagogiques importés et exploités dans les plates-formes avec leurs évolutions qui viennent s'ajouter au vivier de connaissances.

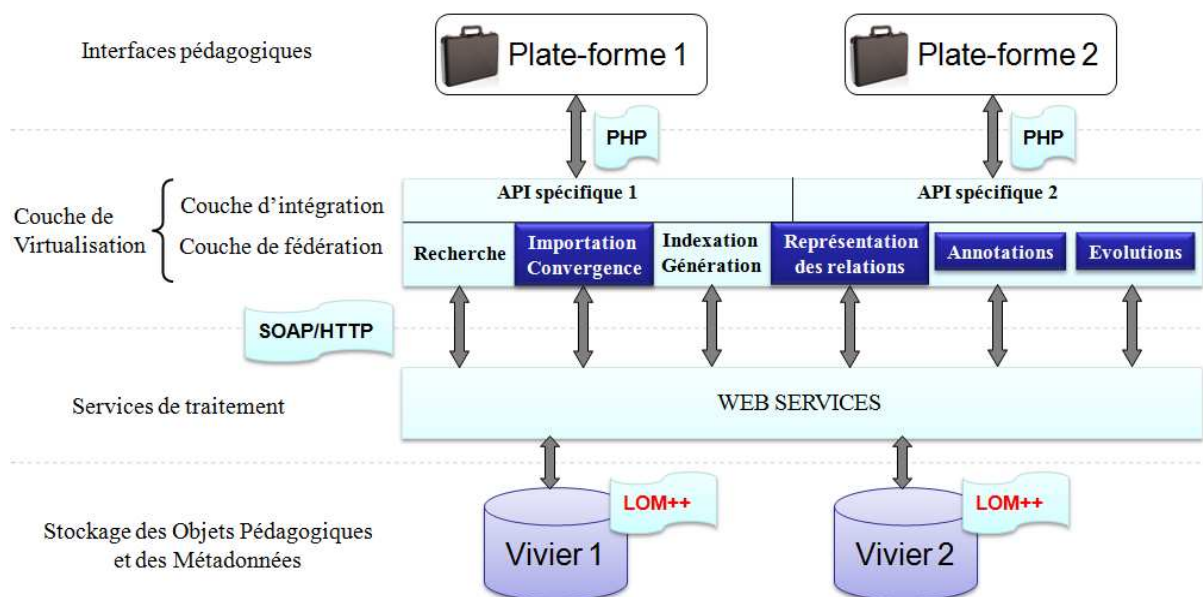


Figure 46. Les nouveaux services de gestion du cycle de vie

8.2 - Visualiser l'évolution de l'OP

8.2.1 - Les relations entre objets pédagogiques

Le standard LOM [IEEE-LTSC 2002] dispose d'une catégorie complète illustrée par la figure 47 pour définir une relation entre 2 objets pédagogiques.

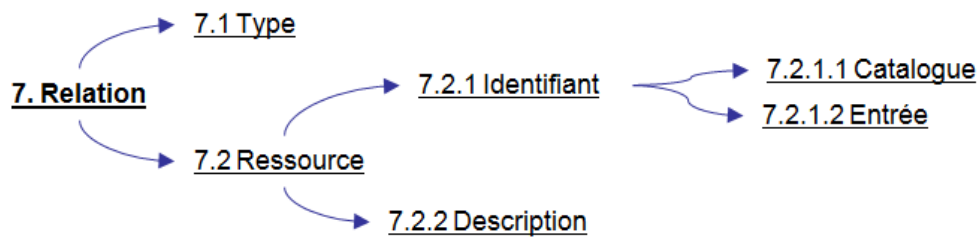


Figure 47. La catégorie Relation du LOM

Un objet pédagogique peut avoir une relation avec un OP cible décrit par un élément spécifique (LOM 7.2.2) et clairement identifié par son catalogue (LOM 7.2.1.1) et son identifiant (LOM 7.2.1.2). Dans le chapitre 6, nous avons indiqué qu'il était préférable pour ce dernier descripteur de pointer vers la description de l'OP cible plutôt que vers l'OP lui-même ; cela permet de retrouver plus facilement le cheminement des dépendances de l'OP décrit. Le type de relation (LOM 7.1) est défini en utilisant un vocabulaire issu du standard Dublin Core [Dublin Core Metadata Initiative, 2007] :

- « *isBasedOn/isBasisFor* » correspond au terme DC. Source. Dans le Dublin Core, la source est « la ressource à partir de laquelle la ressource décrite est dérivée ». De plus, CanCore recommande d'appliquer ce terme pour tout type d'évolution ou de correction [Friesen et al., 2004] ;

- « *hasPart/isPartOf* » est utilisé quand intervient un processus d'agrégation ou de segmentation ;

- « *hasVersion/isVersionOf* » implique une modification significative du contenu. Ce terme sera préféré à « *isBasedOn/isBasisFor* » lors du déclenchement d'un processus de réingénierie ;

- « *hasFormat/isFormatOf* » décrit un changement de format ;

- « *references/isReferencedBy* » s'applique quand un objet pédagogique donné référence, cite ou pointe vers un autre OP ;

- « *requires/isRequiredBy* » est utilisé quand l'objet pédagogique dépend de l'étude préalable d'un autre OP ou lorsqu'un autre OP est indispensable au fonctionnement de l'OP décrit.

8.2.2 - La représentation 3D des relations

Le vocabulaire exposé dans la partie précédente est la base de notre service de visualisation des relations entre OP utilisant trois dimensions ou axes. Comme le montre le tableau 6, chaque dimension prend en charge un ou plusieurs types de relation :

- la première dimension est liée à la représentation chronologique des évolutions de l'OP et est appelée Temps. Comme la date de création est rarement la même d'un OP à l'autre, tous les types de relation sont concernés, mais cet axe suffit pour la représentation des évolutions et versions de l'OP (*isBasedOn/isBasisFor* et *hasVersion/isVersionOf*).

- la seconde dimension, appelée Objectif, s'intéresse aux objets pédagogiques de différents domaines ou sujets, avec des objectifs différents à atteindre. Associé à l'axe Temps, l'axe Objectif permet de représenter des branches compétitives d'OP (*isBasedOn/isBasisFor*) ainsi que des changements de format (*hasFormat/isFormatOf*).

- la troisième dimension, appelée Granularité, fait référence au niveau d'agrégation. Associé à l'axe Temps et à l'axe Objectif, ce troisième axe assure la représentation des processus d'agrégation et de segmentation entre objets pédagogiques en impliquant la relation *hasPart/isPartOf*. L'utilisation de tous les axes est également nécessaire pour représenter un OP référençant un autre OP (*references/isReferencedBy*), ou pour représenter un objet pédagogique requis par un autre (*requires/isRequiredBy*). En effet, la date de création sera différente ainsi que les objectifs et les niveaux d'agrégation des deux objets pédagogiques reliés.

Type de relation	Axe Temps	Axe Objectif	Axe Granularité
<i>isBasedOn/isBasisFor</i>	X	si branche compétitive	
<i>hasPart/isPartOf</i>	X	X	X
<i>hasVersion/isVersionOf</i>	X		
<i>hasFormat/isFormatOf</i>	X	X	
<i>references/isReferencedBy</i>	X	X	X
<i>requires/isRequiredBy</i>	X	X	X

Tableau 6. Utilisation des axes en fonction du type de relation

Dans les sections suivantes, les axes seront décrits l'un après l'autre afin d'obtenir la représentation 3D finale.

8.2.2.a - Axe Temps

L'axe Temps est utilisé pour une représentation chronologique des OP. Il est suffisant pour l'affichage des changements et modifications d'un objet pédagogique donné. Comme les évolutions sont créées les unes à la suite des autres, la façon la plus simple de représenter les relations correspondantes est d'utiliser l'axe Temps. Sur la figure 48, A₁, A₂, A₃, et A₄ représentent les évolutions successives d'un objet pédagogique A : A₂ est une évolution de A₁, A₃ est une évolution de A₂, et A₄ est une évolution de A₃. Ces OP peuvent être reliés entre eux par la relation *isBasedOn/isBasisFor* ou la relation *hasVersion/isVersionOf*.

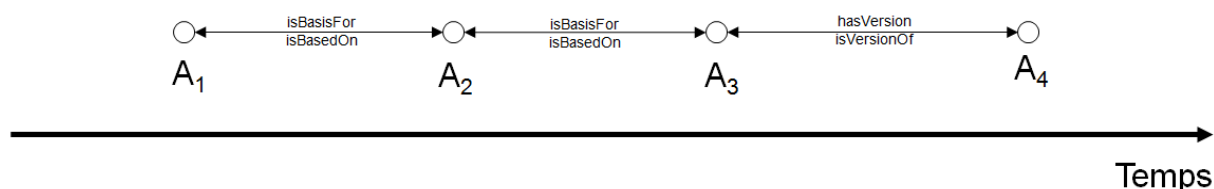


Figure 48. Première dimension: l'axe Temps

L'axe Temps sert à montrer les évolutions successives d'un objet pédagogique donné, mais cette dimension ne permet pas à elle seule la visualisation des relations entre OP hétérogènes ou compétitifs ; la seconde dimension est nécessaire pour y arriver.

8.2.2.b - Axe Objectif

Le but de l'axe Objectif est de pouvoir représenter les relations entre objets pédagogiques qui ont des objectifs différents à atteindre. Le mot « objectif » est à prendre ici dans un sens très large. Nous considérons en effet que les situations suivantes correspondent à un changement d'objectif :

- lorsque les objets C et D ont des objectifs pédagogiques différents ;
- lorsque l'objet pédagogique E' est vulgarisé pour des collégiens à partir d'un objet pédagogique E créé pour l'enseignement supérieur ;
- lorsque l'objet pédagogique F' correspond à la version HTML d'un objet pédagogique F créé initialement au format WORD ;
- lorsque plusieurs auteurs ne sont pas d'accord entre eux sur le contenu ou le séquençement d'un objet pédagogique et qu'ils décident de produire un objet pédagogique

différent de celui de l'équipe de production. Ils produisent alors un OP compétitif avec des objectifs différents.

Associé à la dimension temporelle, l'axe Objectif met en œuvre deux types de relations.

Le premier type de relation correspond au vocabulaire *isBasedOn/isBasisFor*. Lorsqu'un OP présente au moins deux relations *isBasedOn/isBasisFor*, nous considérons que les OP cibles ainsi que l'OP source ont des objectifs différents ; ils sont compétitifs (voir A_1 , A_2 et A'_1 sur la figure 49 qui ont des dates de publication différentes, des objectifs différents et un même niveau d'agrégation). Imaginons, par exemple, une équipe d'auteurs qui démarre la conception par un OP A_1 correspondant à une initiation au traitement de texte. Un désaccord intervient entre les auteurs qui souhaitent préconiser l'utilisation d'OpenOffice Writer et qui produiront un objet A_2 , et les auteurs qui préconisent l'utilisation de Microsoft Word et qui produiront A'_1 .

La même approche peut être appliquée à des objets pédagogiques conçus dans des formats différents. Le second type de relation (*hasFormat/isFormatOf*) est alors utilisé (voir A'_2 and B_1 sur la figure 49).

L'axe Temps donne une vue d'ensemble des différentes évolutions et versions d'un objet pédagogique. L'axe Objectif ajoute la capacité de visualiser des OP reliés qui ont des objectifs différents. Cependant, la représentation en 2 dimensions doit être améliorée pour prendre en compte des OP résultant de l'agrégation d'au moins deux sous-OP, ainsi que les types de relations restantes.

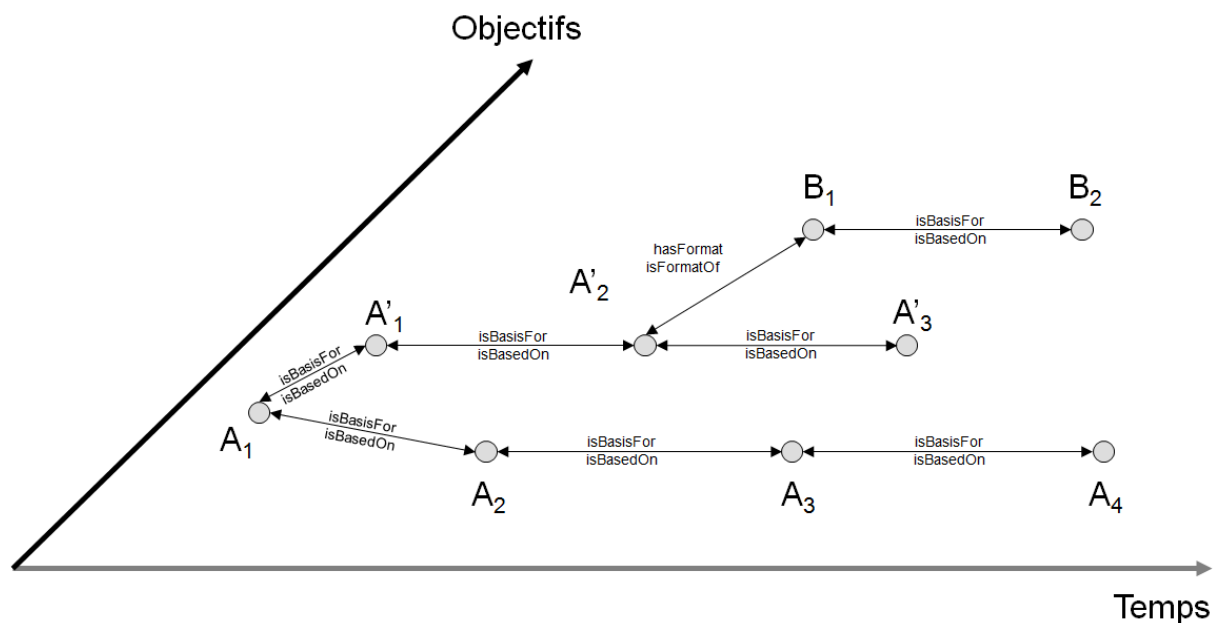


Figure 49. Exemple de représentation 2D des relations

8.2.2.c - Axe Granularité

Le troisième axe introduit la représentation de la granularité de l'OP. Lorsqu'un OP de taille conséquente doit être créé, il est d'usage courant d'identifier implicitement plusieurs de ses parties, et de donner la responsabilité de leur élaboration à différents auteurs ; ce processus est décrit à l'aide de la relation « *hasPart/isPartOf* ».

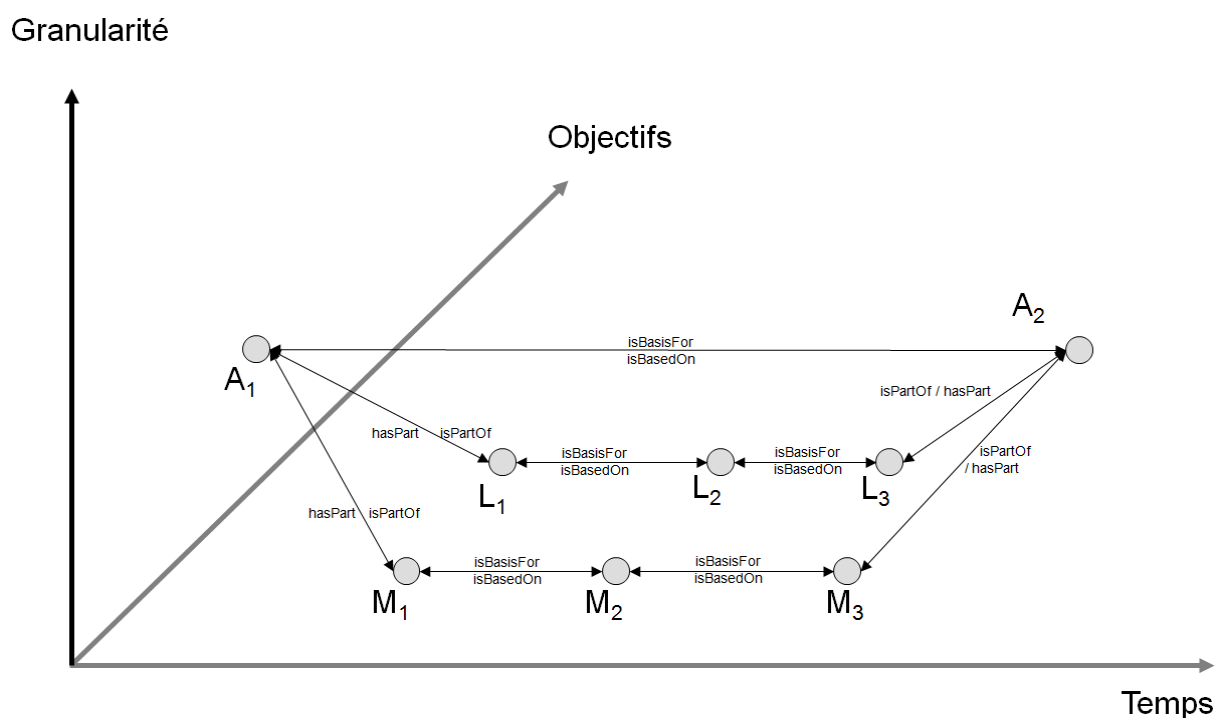


Figure 50. Premier exemple de représentation 3D des relations

L'exemple de la figure 50 montre comment des auteurs travaillent ensemble à l'élaboration d'un OP source A_1 . Ce dernier est composé de 2 objets pédagogiques (L et M) qui ont de fait un niveau d'agrégation plus petit : A_1 a pour parties L_1 et M_1 , L_1 est une partie de A_1 , et M_1 est une partie de A_1 . L et M sont complétés après plusieurs évolutions et peuvent ensuite être agrégés pour former l'objet pédagogique A_2 qui est une évolution de l'OP source A_1 . Notons que tous les autres types de relations mentionnés précédemment peuvent continuer à être appliqués.

La représentation 3D peut également être utilisée pour les relations « *references/isReferencedBy* » et « *requires/isRequiredBy* ». L'exemple de la figure 51 montre un objet pédagogique C_2 consacré à un exercice formaté en HTML. C_2 requière N_{11}

qui est une feuille de style CSS⁷⁹ définie pour la charte graphique du cours. N₁₁ a été créé avant C₂ avec un niveau d'agrégation plus petit. C₂ référence K₁₄ qui est un ensemble d'exercices permettant aux apprenants d'approfondir leurs connaissances.

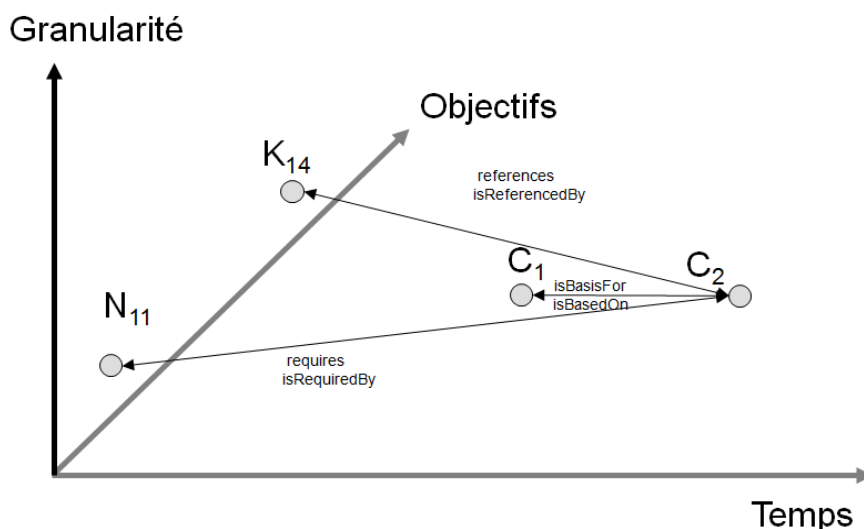


Figure 51. Second exemple de représentation 3D des relations

Les dimensions temporelle, d'objectif et de niveau d'agrégation couvrent ensemble la totalité des relations définies dans le standard LOM. Cependant, les utilisateurs finaux ne sont pas capables de connaître l'état en cours de l'objet pédagogique. Pour solutionner ce problème, nous proposons dans la section suivante une approche permettant de visualiser l'état de chaque révision de l'objet pédagogique.

8.2.2.d - Améliorations de la représentation

Afin de tenir compte de la représentation générique du cycle de vie et de fournir une représentation graphique de l'état de l'objet pédagogique aux utilisateurs finaux, nous améliorons la représentation 3D des relations en associant des couleurs aux éléments de vocabulaire définis sur la figure 41. La représentation résultante est illustrée par la figure 52 et donne un exemple complet prenant en compte les 3 dimensions ainsi que l'état de l'OP.

⁷⁹ CSS : Cascading Style Sheet

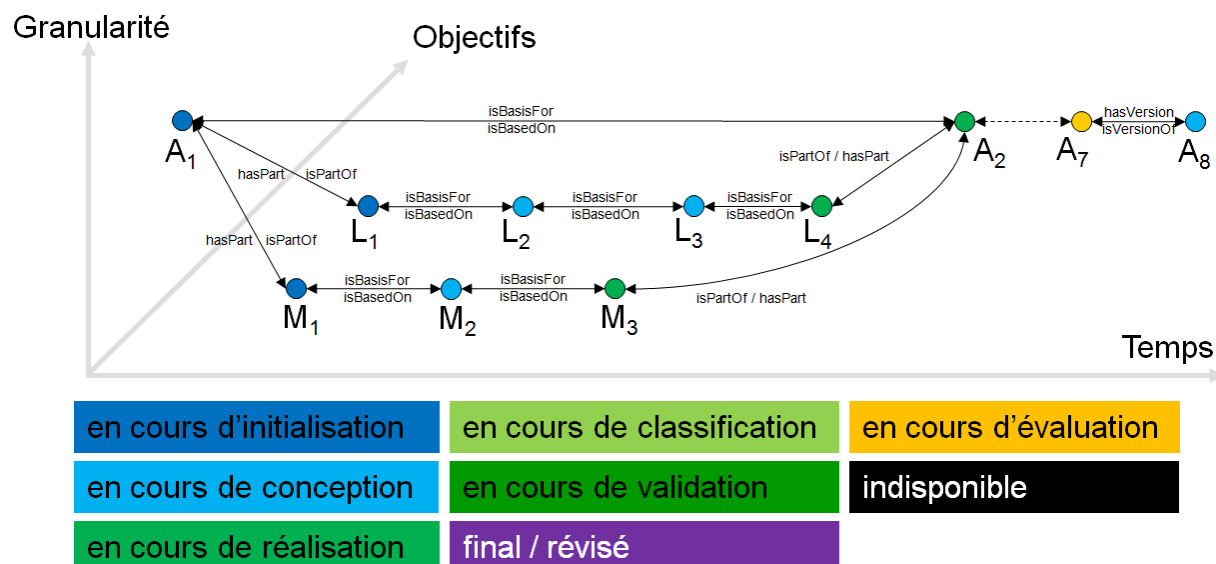


Figure 52. Exemple de représentation complète

La représentation 3D des relations est le premier service développé pour exploiter les métadonnées du cycle de vie. Il permet d'obtenir rapidement une image complète des évolutions de l'objet pédagogique tout au long de son cycle de vie.

Un autre service est présenté dans la partie suivante. Il se focalise, quant à lui, sur l'étape de retours d'expériences, souvent négligée par les équipes de production. Il donne lieu à une refonte complète de la catégorie commentaires, dont il convient d'en approfondir les raisons.

8.3 - Favoriser les retours d'expériences

8.3.1 - Introduction

Le standard LOM dispose d'une catégorie « Commentaires » (*Annotation*) dont l'objectif est de « permettre aux enseignants de partager leurs évaluations d'objets pédagogiques, leurs suggestions d'utilisation, etc. » [IEEE-LTSC, 2002]. Les commentaires sont très importants : les évaluations d'objets pédagogiques viennent aider les enseignants à construire leurs cours pendant que les suggestions d'utilisation permettent d'éviter de reproduire les erreurs pédagogiques faites par d'autres collègues. Ce processus est essentiel pour la réingénierie : pendant l'étape de retours d'expériences, la critique par les pairs, les commentaires d'utilisateurs vont mettre en valeur les points importants à améliorer qui sont liés au contenu, à la forme et à la description de l'OP. Naturellement, les commentaires soumis par un utilisateur lambda et les critiques élaborées par un expert du domaine n'ont pas

la même signification. Une distinction est faite dans nos travaux entre ces deux formes d'évaluation.

La plupart des viviers de connaissances assurent la distribution et la réutilisation d'objets pédagogiques prêts à l'emploi, et les commentaires sont souvent absents ou peu objectifs car renseignés par les auteurs de l'OP. Les commentaires deviennent réellement significatifs lorsque l'OP a été utilisé, c'est à dire après son exploitation dans une plate-forme pédagogique : l'étape de retours d'expériences succède à l'étape d'utilisation dans le cycle de vie générique. Les plates-formes sont donc plus adaptées que les viviers pour évaluer un objet pédagogique, même si les viviers sont dédiés à l'enregistrement des métadonnées.

Nous proposons une approche permettant aux enseignants et aux apprenants de soumettre leurs commentaires à l'aide de l'interface web d'une plate-forme pédagogique, alors que ces commentaires sont stockés directement dans le vivier de connaissances correspondant. Cette fonctionnalité est rendue possible grâce à la virtualisation des objets pédagogiques [Broisin, 2006].

Dans un premier temps, les principaux systèmes existants qui permettent l'évaluation des OP sont présentés afin d'identifier les problèmes. Pour résoudre ces problèmes, la partie suivante présente un système de collecte de commentaires basé sur la virtualisation des OP et qui est capable de partager de manière transparente les évaluations d'OP suggérées par les utilisateurs de la plate-forme.

8.3.2 - Une architecture ouverte pour l'évaluation des OP

Les modifications apportées dans la section 7.3.7 rendent possible la description complète des évaluations de l'objet pédagogique (entité et rôle du contributeur, date, évaluation qualitative, type d'annotation et évaluation quantitative) en utilisant un schéma de métadonnées amélioré du standard LOM, mais un inconvénient majeur persiste : la difficulté de collecter et stocker ces informations. D'une part, peu de viviers de connaissances permettent aux utilisateurs de modifier librement les métadonnées (les commentaires inclus) d'un objet pédagogique existant. D'autre part, les plates-formes pédagogiques sont plus adaptées aux évaluations d'objets pédagogiques que les viviers. Ainsi, nous avons introduit un service de gestion des commentaires qui permet, depuis une plate-forme, d'ajouter des commentaires dans les métadonnées d'un OP stocké dans un vivier de connaissances.

Comme illustré par la figure 53, le service de gestion des annotations (AMS⁸⁰) a été ajouté à la couche de fédération de l'architecture LOV, présentée dans la partie 3.5. Il permet aux utilisateurs de la plate-forme de soumettre leurs commentaires et de stocker leurs évaluations dans un vivier. La nature de ce service ne le rend applicable que pour des objets pédagogiques importés depuis un vivier vers une plate-forme. En effet, les OP qui ont été déposés dans les plates-formes, sans passer par l'utilisation des viviers, ne sont pas décrits avec des métadonnées. Aussi, pour chaque OP importé, le service d'importation de la couche de fédération transmet et stocke dans la plate-forme des informations telles que l'identification du vivier d'origine et l'identifiant de l'OP importé. Il est ainsi possible de clairement identifier l'OP importé, de retrouver ses métadonnées et d'ajouter de nouveaux éléments à ces dernières, depuis la plate-forme.

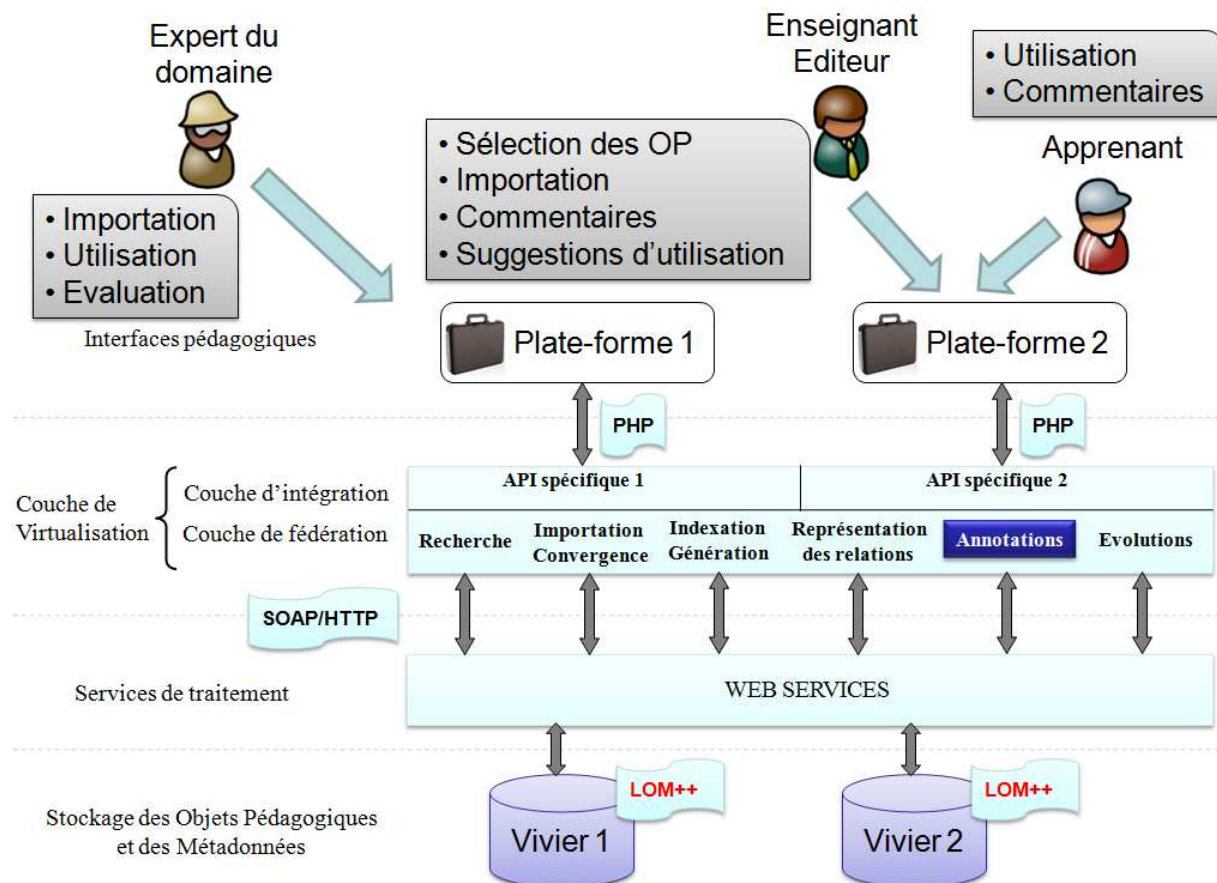


Figure 53. L'architecture LOV améliorée pour la gestion des annotations.

Lorsqu'une évaluation est soumise, les données spécifiées par l'évaluateur sont transmises à l'aide du service AMS au vivier correspondant. Afin de simplifier le processus,

⁸⁰ AMS : Annotation Management Service

le service génère automatiquement des métadonnées en exploitant le contexte de la plate-forme pédagogique : l'entité et le rôle sont extraits automatiquement.

La nouvelle architecture permet à un expert du domaine d'utiliser l'OP à évaluer dans la plate-forme avant de soumettre les résultats de son expertise, en bénéficiant de l'enrichissement des métadonnées, sans changer d'interface. L'enseignant éditeur consultera les annotations qui l'aideront à faire le choix du matériel pédagogique à intégrer dans le cours qu'il est en train de construire. Enseignants et apprenants utiliseront l'OP sur la plate-forme avant de soumettre leurs commentaires. Enfin, les enseignants pourront soumettre également leurs suggestions d'utilisation pour en faire profiter leurs collègues.

L'architecture LOV, à travers une communication transparente entre plate-forme d'apprentissage et vivier de connaissances, montre tout son intérêt pour la gestion des annotations. La partie suivante démontre comment elle peut également voir son rôle renforcé pour maintenir la cohérence entre OP importés dans les plates-formes et leurs évolutions qui sont stockées dans les viviers.

8.4 - Maintenir la cohérence entre OP importés et leurs évolutions

8.4.1 - Introduction

Dans le contexte du Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO ou CSCW⁸¹), plusieurs outils de sensibilisation sont développés pour aider différents intervenants à produire du contenu ou à créer un produit en commun [Détienne, 2006]. D'un autre côté, dans le contexte de l'apprentissage en ligne (CSCL⁸²), plusieurs outils de sensibilisation sont conçus pour aider les apprenants pendant le processus d'apprentissage [El-Bishouty et al., 2006]. Ici, nous proposons une approche qui permet aux enseignants et aux responsables pédagogiques de prendre conscience de toutes les divergences liées aux objets pédagogiques déployés dans un programme pédagogique et de garder ce programme à jour. Lorsque les producteurs soumettent les évolutions des OP qu'ils créent dans les viviers, les responsables pédagogiques importent ces OP dans une plate-forme pour permettre aux enseignants d'intégrer ce matériel pédagogique dans leurs scénarios : les systèmes utilisés pour stocker et exploiter les OP sont de fait différents. De plus, plusieurs flux d'activités sont pris en compte

⁸¹ CSCW : Computer Supported Cooperative Work

⁸² CSCL : Computer Supported Collaboration Learning

au lieu de donner l'illusion d'un flux unique [Molli et al., 2001]. Quand un auteur indexe une évolution d'OP dans un vivier, enseignants et responsables pédagogiques doivent être informés de ce changement pour qu'ils puissent l'intégrer au programme pédagogique. Cependant, ils n'ont le plus souvent pas conscience qu'un processus de réingénierie est en cours ou qu'une nouvelle version est sortie, sauf dans le cas de trop rares réunions collaboratives ou messages électroniques. Ils ne peuvent donc pas comprendre ce qui a changé, ou ce qui est en train de changer, et la collaboration peut rapidement s'emballer et devenir hors de contrôle [Tam & Greenberg, 2006].

Nous proposons une approche qui donne l'opportunité aux responsables pédagogiques d'être conscients des divergences qui existent entre les OP importés dans une plate-forme et leurs évolutions stockées dans un vivier. Deux techniques de visualisation sont utilisées : la représentation 3D des relations qui a été améliorée pour prendre en compte les changements effectués au cours des différentes évolutions de l'OP, et la technique de visualisation *treemap*, utilisée à l'origine pour la production de contenu, et qui a été adaptée pour donner une vision globale de la situation et exposer les divergences. Des systèmes de notification viennent compléter le service de suivi des évolutions de l'OP. Grâce à la virtualisation des OP [Broisin et al., 2005], le service est intégré à une plate-forme pédagogique alors que les informations concernant les divergences sont obtenues à partir d'un vivier de connaissances.

Tout d'abord, les définitions de la prise de conscience, les types de divergences entre les évolutions d'OP et les informations nécessaires pour prendre en compte ces divergences sont présentées afin d'identifier les problèmes à résoudre. La partie suivante propose alors un service supplémentaire à la virtualisation des OP qui permet aux utilisateurs finaux de prendre conscience des divergences et qui leur permet de converger.

8.4.2 - La prise de conscience des évolutions de l'OP

8.4.2.a - La prise de conscience

Quatre dimensions peuvent être utilisées pour caractériser les évolutions et changements des environnements d'enseignement et d'apprentissage (TLE⁸³) [Pahl, 2003] : le contenu (la perspective orientée « sujet »), le format (la perspective orientée « organisation »), l'infrastructure (la perspective orientée « technique ») et la pédagogie (la perspective orientée « éducation »). Considérant les évolutions et changements d'OP, nos travaux se concentrent

⁸³ TLE : Teaching and Learning Environment

sur l'évolution de contenu des environnements d'enseignement et d'apprentissage. Dans ce contexte, les facteurs de changement sont soit externes quand le sujet du cours évolue, soit internes lorsque le contenu est modifié pour améliorer le matériel pédagogique dans un processus planifié [Pahl, 2003].

Dans notre contexte, les modifications d'OP stockés dans les viviers doivent être prises en compte au niveau des OP intégrés dans les plates-formes. La prise de conscience doit donc se produire dans le système utilisé par les enseignants et les responsables pédagogiques, c'est-à-dire la plate-forme d'apprentissage, alors que les évolutions et modifications des OP sont stockées dans le vivier. Dans la partie suivante, les différents cas de divergence sont identifiés pour définir les informations nécessaires à une bonne prise de conscience.

8.4.2.b - Identifier les divergences entre objets pédagogiques

La mise à disposition d'une nouvelle version de l'OP

Le cas basique auquel il faut faire face est une succession d'évolutions d'OP aboutissant à la disponibilité d'une nouvelle version (voir figure 54). Tout d'abord, l'enseignant « foo » importe l'objet pédagogique A_1 depuis un vivier vers un cours de la plate-forme sur laquelle il est en train de travailler (a). Lorsqu'un processus de réingénierie est engagé (b), les auteurs de l'OP vont soumettre les différentes évolutions de l'OP dans le vivier ; à chaque évolution, « foo » devra être prévenu. Les informations transmises comprennent l'état de la nouvelle évolution, sa date de publication ainsi que les modifications apportées. Plus précisément, pour éviter une surabondance de notifications dans le cas de multiples OP importés, l'utilisateur pourra choisir de ne pas recevoir de notification pendant la réingénierie ou au contraire de recevoir un rapport quotidien, hebdomadaire ou mensuel. De plus, « foo » devra pouvoir visualiser les divergences entre A_1 et les évolutions suggérées par les créateurs. Quand une nouvelle version est disponible dans le vivier (c), un conflit devra être détecté et « foo » sera prévenu. Il pourra alors décider de converger et de remplacer A_1 par la nouvelle version A_k (d).

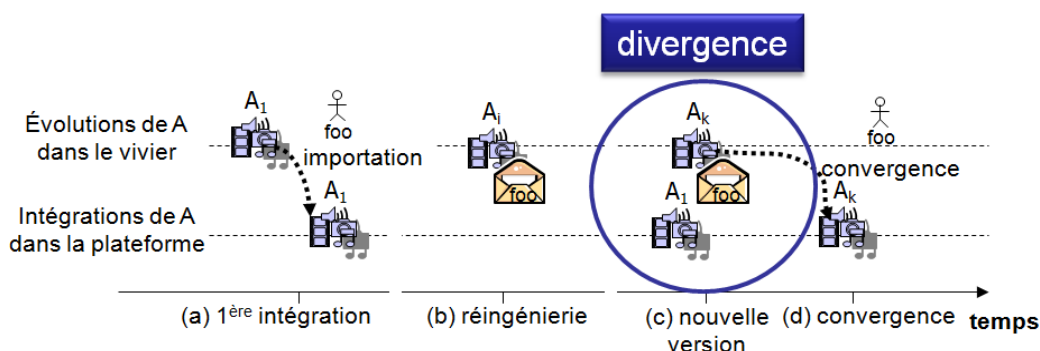


Figure 54. Divergence lors de la mise à disposition d'une nouvelle version

Des versions compétitives, des changements de format

La situation n'est pas aussi simple lorsque les auteurs ne sont pas d'accord entre eux sur le contenu d'un OP et qu'ils commencent à produire plusieurs évolutions dont les objectifs sont différents. Ce cas est une extension du cas précédent (voir figure 55) : deux branches compétitives correspondent lors de la réingénierie aux évolutions de l'OP A_1 (b). « Foo » devra être prévenu pour chaque évolution, quelque soit la branche concernée. Lors de la sortie des nouvelles versions (c), les conflits devront être détectés et signalés à « foo ». Il pourra alors utiliser des techniques de visualisation pour s'informer des changements de chaque branche et choisir celle qui est la plus appropriée pour converger (d).

Ce cas s'applique également lorsqu'un même OP est produit sous différents formats. Chaque format fait en effet l'objet d'une branche spécifique.

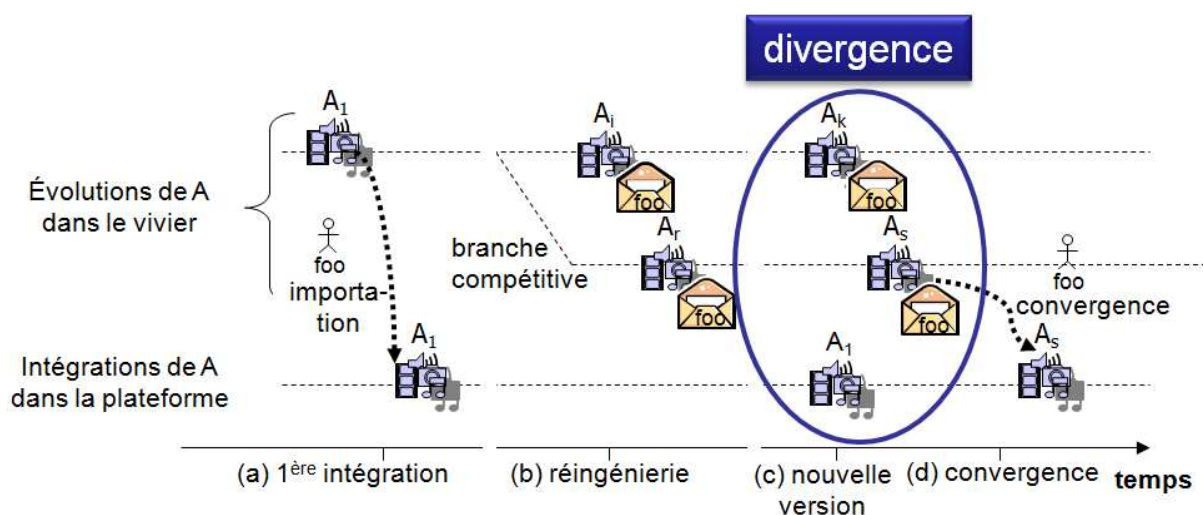


Figure 55. Divergence lors de branches compétitives

Les dépendances entre objets pédagogiques

Les conflits devront également être détectés pour des OP présentant une ou plusieurs relations avec d'autres OP. Sur la figure 56, « foo » importe la ressource A_1 dans un cours pendant que « bar » importe la ressource B_1 dans un autre cours ; une relation indique que B_1 requière A_1 pour une meilleure compréhension. Plus tard, de nouvelles versions de A_1 et B_1 (respectivement A_k et B_k) sont indexées dans le vivier ; si « bar » décide de déployer B_k , un conflit pédagogique doit alors être détecté (B_k requière A_k pour une meilleure compréhension) et signalé à « foo » pour qu'il procède à la convergence vers A_k . Rappelons que les évolutions de A sont utilisées dans le cours de « foo » et que celles de B sont utilisées dans le cours de « bar » : ce dernier est préoccupé par les évolutions de B, pas par celle de A. Il ignore même que A est utilisé dans le cours de « foo ».

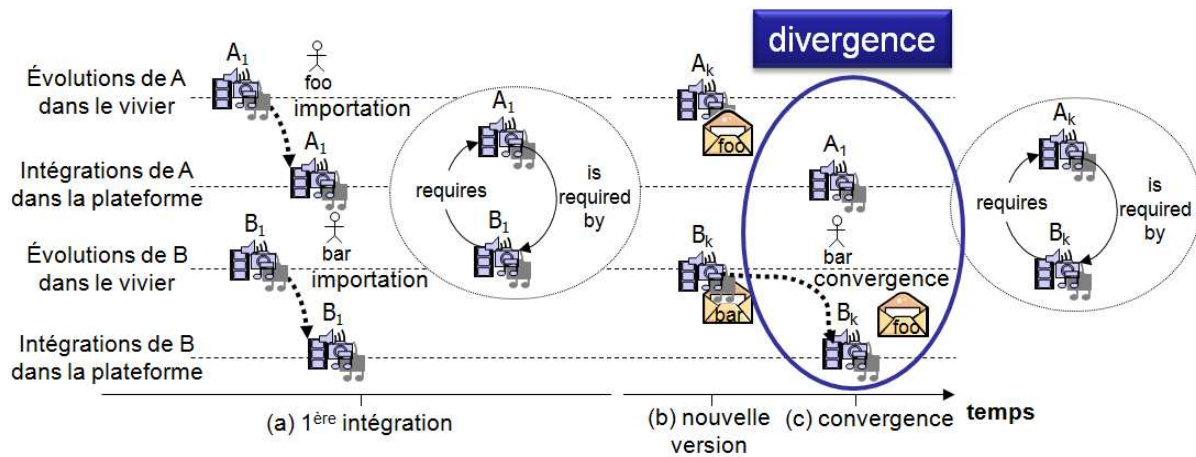


Figure 56. Divergence dans le cas d'objets pédagogique dépendants

Pour pouvoir prendre en compte et montrer ces différents cas de divergences, les informations nécessaires doivent être identifiées et stockées ; c'est l'objet de la prochaine partie.

Les informations nécessaires

Comme indiqué dans la partie 8.3, les OP importés depuis un vivier dans une plateforme sont étiquetés dans le dernier système en utilisant l'emplacement du vivier source et l'identifiant de l'OP [Catteau et al., 2008b]. Pour détecter les divergences relatives à l'un de ces OP, les informations suivantes sont nécessaires :

- les relations qualifiées avec les autres OP : elles permettent de faire la distinction entre les évolutions successives, les changements de format, et les dépendances avec d'autres OP ;
- la date de publication, pour pouvoir effectuer des tris ;

- l'état des évolutions, pour pouvoir clairement identifier les processus de réingénierie en cours et les sorties de nouvelles versions.

Ces informations permettent d'identifier les OP impactés par les changements qui ont été effectués, quand ils ont eu lieu et comment les choses ont évolué. Cependant, les utilisateurs finaux ont besoin de plus d'information pour décider de converger : Quels sont les changements ? Pourquoi ont-ils été effectués ? Qui les a faits ? [Tam & Greenberg, 2006 ; Gutwin, 1997]. Ces informations peuvent être détaillées à l'aide de descripteurs d'objets pédagogiques (voir partie 8.4.3.a).

Pour collecter et exploiter les informations ci-dessus, plusieurs questions se posent :

1 – Comment les utilisateurs finaux peuvent-ils prendre conscience des divergences ? Etant donné que les OP sont stockés dans les viviers et exploités dans les plates-formes, une architecture doit être mise en œuvre pour permettre les transferts d'objets pédagogiques et leurs descriptions entre les deux systèmes.

2 – Comment prévenir les utilisateurs s'il y a des divergences ? La sensibilisation aux divergences peut être fournie à la demande à l'aide de techniques de visualisation. Les utilisateurs doivent avoir l'opportunité d'identifier rapidement où les divergences se sont produites, avant d'obtenir plus de détails. L'apparition de nouvelles divergences peut également faire l'objet d'une notification automatique.

3 – Comment les utilisateurs peuvent-ils converger ? Une entité manuelle ou automatique doit aider les utilisateurs finaux à converger et à garder leurs cours à jour.

Dans la partie suivante, nous proposons un ensemble de services et d'outils capables d'apporter des réponses aux questions précitées.

8.4.3 - Le service de sensibilisation aux évolutions de l'OP

8.4.3.a - La virtualisation enrichie de l'objet pédagogique

Comme indiqué dans la partie 8.3.2 le service d'importation de la couche de fédération mémorise l'identifiant de l'OP importé et la localisation de son vivier d'origine.

Tel que le montre l'illustration de la figure 57, le service responsable de l'identification des divergences de l'OP a été ajouté à la couche de fédération. Il permet d'établir les divergences pour un OP donné afin de le présenter visuellement à l'utilisateur. La nature de ce service ne le rend applicable que pour des OP importés depuis un vivier vers un espace de cours.

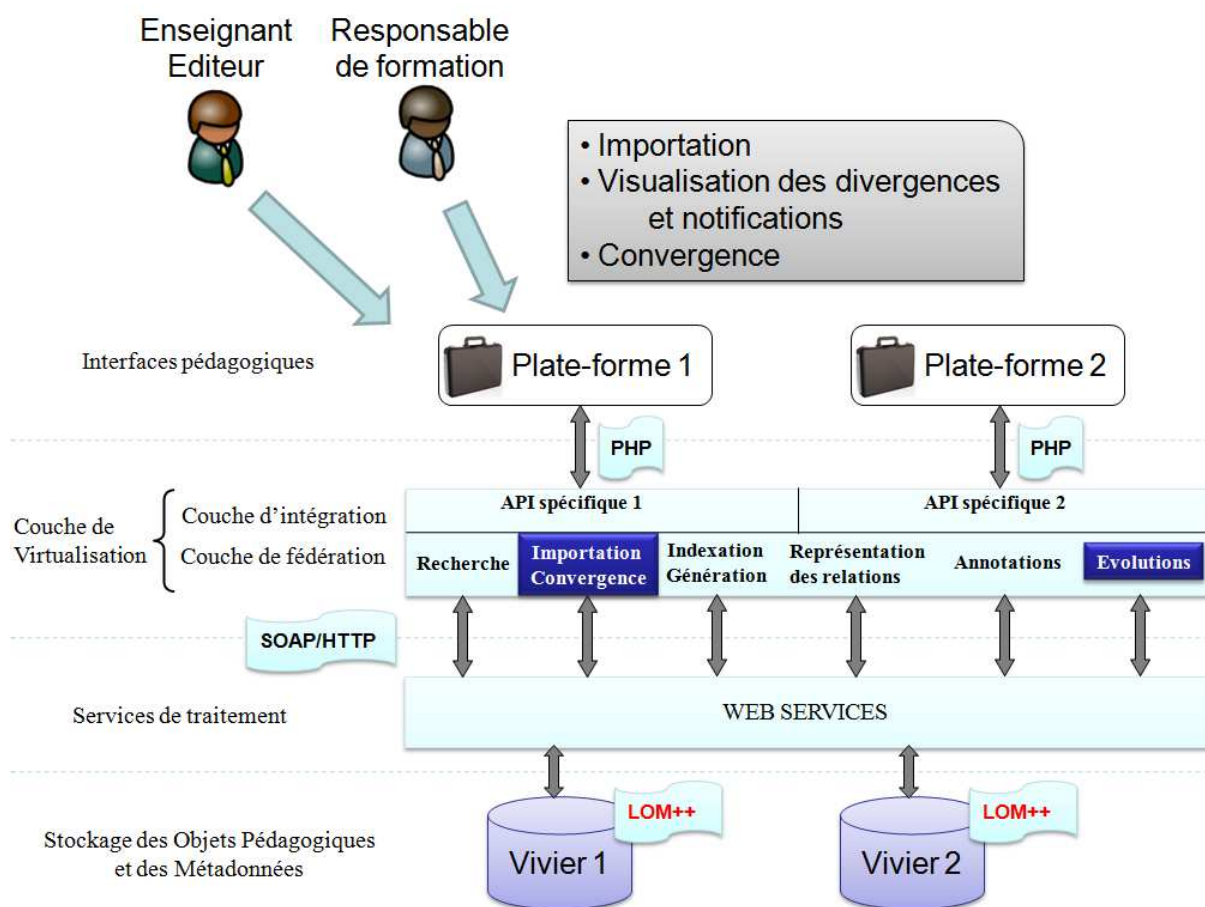


Figure 57. La virtualisation améliorée pour la gestion des évolutions de l'OP

Les détails d'implémentation et les interactions entre les différents systèmes et services de l'architecture seront donnés dans la troisième partie du mémoire. Les techniques de visualisation permettant la sensibilisation des responsables de cours aux évolutions de l'OP sont détaillées dans la partie suivante. Elles offrent la possibilité de suivre les changements soumis par les autres participants dans le temps.

8.4.3.b - La prise de conscience des divergences, à la demande

Une fois que les divergences ont été détectées par le nouveau service, elles doivent être disponibles et accessibles aux éditeurs de cours. Les approches utilisant des techniques de visualisation sont souvent utilisées pour assurer la sensibilisation des utilisateurs finaux.

La représentation 3D des relations

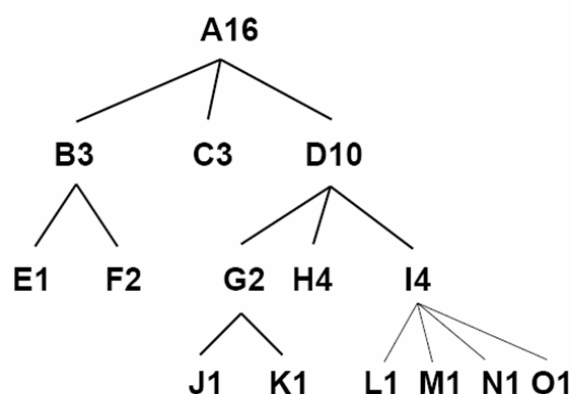
La représentation 3D des relations [Catteau et al., 2007a] a fait l'objet d'une présentation dans la partie 8.2. Elle a ici été améliorée pour indiquer les changements qui ont

été effectués entre 2 évolutions successives comme le montre dans la partie 9.6 l'exemple à droite de la figure 69.

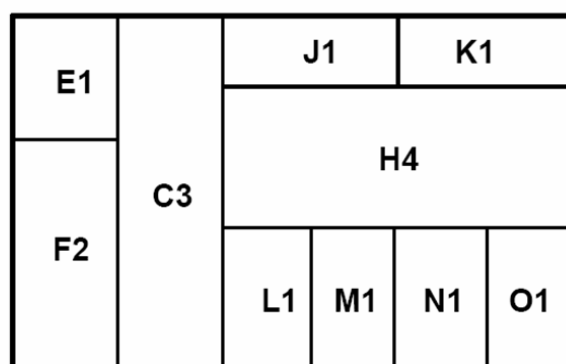
Comme cette représentation permet la visualisation de toutes les évolutions, nouvelles versions et dépendances uniquement d'un seul OP importé, nous suggérons l'utilisation d'un outil complémentaire basé sur l'approche *State Treemap* [Molli et al., 2001] pour facilement visualiser l'ensemble des objets pédagogiques importés qui divergent.

La représentation State Treemap.

La partie gauche de la figure 58 montre que les informations peuvent être représentées hiérarchiquement à l'aide de diagrammes de nœuds et de liens (*node and link diagrams*), mais cette représentation n'utilise pas l'espace de manière performante et n'est efficace que pour des arborescences de petite taille. Par conséquent, la technique *treemap* a été développée pour remédier à ce problème [Van Wijk & Van de Wetering, 1999]. La partie droite de la figure 58 correspond à la représentation *treemap* de la partie gauche de la même figure. Seules les feuilles sont représentées après les découpages successifs d'un rectangle de départ. Le rectangle est tout d'abord découpé horizontalement en 3 parties correspondant respectivement à B3, C3 et D10. Le prochain découpage s'effectue verticalement. C'est ainsi que la partie gauche du rectangle correspondant à B3 est découpée en 2 parties correspondant à E1 et F2. Notons que le découpage ne se fait pas forcément proportionnel au nombre d'items à représenter ; il est par exemple possible de tenir compte de la taille des fichiers. Ainsi, la surface occupée par E1 est plus petite que celle de F2. De même, la partie droite du rectangle correspondant à D10 est découpée en 3 parties correspondant respectivement à G2, H4 et I4. Un dernier découpage a lieu horizontalement pour les parties G2 et I4.



Node and link diagram



Treemap

Figure 58. Construction Treemap [Van Wijk & Van de Wetering, 1999]

Même si la représentation *treemap* peut être appliquée pour une grande quantité d'information, elle ne permet pas de visualiser l'état des données. La représentation *State Treemap* est une extension de l'approche *treemap* aux systèmes de travail collaboratifs multi-synchrones [Molli et al., 2001]. Chaque feuille est colorée en fonction de l'état de l'objet (voir tableau 7). Par conséquent, à chaque moment, les utilisateurs disposent d'une vision générale de la situation et savent exactement où les divergences sont localisées.


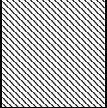
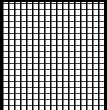
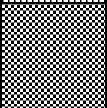
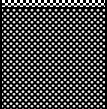
Nom Etat	Motif	Descriptif de l'état
Local à jour	blanc	L'objet local est identique à l'objet stocké dans l'entrepôt.
Local modifié		L'objet local est modifié.
Modifié à distance		Il existe au moins un autre utilisateur qui a modifié sa version locale de l'objet.
Mise à jour nécessaire		Une nouvelle version de l'objet local est disponible dans l'entrepôt.
Conflit potentiel		L'objet local est modifié et il existe au moins un autre utilisateur qui a modifié sa version locale de l'objet.
Réel Conflit		L'objet local est modifié et une nouvelle version est disponible dans l'entrepôt.

Tableau 7. Etats des objets pour les équipes virtuelles [Molli et al., 2001]

Comme les états définis dans le tableau 7 sont utilisés dans le contexte de la production de contenu, ils doivent être redéfinis pour correspondre au contexte de l'intégration d'objets pédagogiques partagés. La représentation *State Treemap* est une technique de visualisation globale qui peut être appliquée pour améliorer la sensibilisation des utilisateurs aux évolutions de l'objet pédagogique. En effet, elle permet aux responsables de cours de visualiser rapidement les OP qui divergent.

L'application de la représentation State Treemap aux OP

Compte tenu des divergences identifiées dans la partie 8.4.2.b, les états représentés dans le tableau 8 ont été redéfinis.

Etat	Couleur	Description
A jour	(1) vert	L'OP importé est identique à sa dernière évolution stockée dans le vivier
Réingénierie en cours	(2) orange	Il existe au moins une évolution successive de l'OP dans le vivier qui n'est pas encore prête à l'emploi
Divergence d'une dépendance	(3) violet	Il existe au moins une dépendance de l'OP, importée dans la plate-forme, qui diverge avec l'OP importé
Mise à jour disponible	(4) rouge	Il existe au moins une évolution successive de l'OP dans le vivier qui est prête à l'emploi. Les teintes de la couleur rouge originale peuvent être utilisées en fonction de l'importance des modifications la plus élevée des évolutions stockées dans le vivier.
Obsolète	(5) gris	La dernière évolution de l'OP est stockée dans le vivier avec l'état « indisponible »

Tableau 8. Les différents états relatifs à la divergence des OP

La structure hiérarchique des objets pédagogiques importés dans une plate-forme est composée de catégories et de sous-catégories contenant des cours : sur la figure 59, partie (a), les cours C_1 et C_2 font partie de la catégorie Ca_1 . Chaque cours dispose d'objets pédagogiques importés dans son propre système de fichiers. Seuls les OP importés sont représentés sur la figure 59 (les OP intégrés à la plate-forme qui ne proviendraient pas d'un vivier de connaissances ne sont pas représentés) ; la représentation *treemap* correspondante (partie b de la figure) comporte un objet pédagogique E qui nécessite une mise à jour, un objet pédagogique G faisant l'objet d'un processus de réingénierie, et un objet pédagogique D qui diverge avec au moins une de ses dépendances.

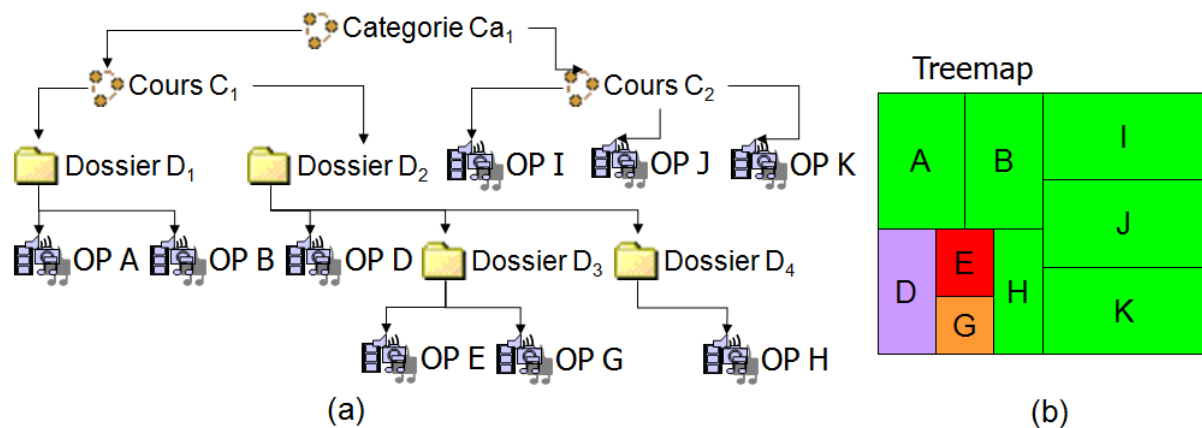


Figure 59. Exemple de construction *treemap*

De plus, des lettres de petite taille peuvent être ajoutées pour détailler les états :

- “C” : branche compétitive en cours de réingénierie. Il existe au moins une évolution de l’OP dans le vivier avec au moins deux branches compétitives ;
- “F” : changement de format. Il existe au moins une évolution successive dans le vivier avec un format différent. La figure 69 illustre, dans la partie 9.6, un exemple des représentations *treemap* et 3D des relations. De cette manière, les enseignants peuvent rapidement prendre conscience des divergences de tous les objets pédagogiques importés. Cependant, ces représentations ne sont utilisées que sur demande des utilisateurs ; des systèmes de notification doivent donc être mis en place.

8.4.3.c - Les systèmes de notification

Plusieurs systèmes de notification ont été décrits dans la littérature : mise à jour du système [Caroll et al., 2003], SMS⁸⁴ [Boari et al., 2006], messagerie instantanée [Preston, 2007], clavardage (*chat*) [Caroll et al., 2003], téléscripateur [Caroll et al., 2003], alertes par messagerie électronique [Preston, 2007] [Caroll et al., 2003] , etc. D’après [Caroll et al., 2003], la prise de conscience des évènements qui impacte sur n’importe quel collaborateur est importante ; elle permet d’expliquer et prévoir le comportement des collaborateurs. Dans le contexte des évolutions de l’OP, une intervention d’urgence n’est pas nécessaire. Des systèmes de notification temps réel tels que le clavardage, les SMS ou la messagerie instantanée sont trop pervasifs. Connaître la présence d’un collaborateur est également excessif. Des alertes par messagerie électronique sont suffisantes pour prévenir les utilisateurs finaux qu’une divergence est apparue. Dès que cette dernière sera détectée pour un OP intégré

⁸⁴ SMS : Short Message Service, service de messagerie proposé avec la téléphonie mobile.

dans la plate-forme, les enseignants du cours concerné seront prévenus. Les flux RSS⁸⁵ seront également mis en œuvre dans le service de sensibilisation aux évolutions de l'OP. Il est ainsi possible d'être tenu informé de la divergence d'un OP inclus dans un cours spécifique, ou d'un OP importé par un enseignant donné, ou enfin de tous les OP importés sur la plate-forme.

Une fois que les responsables pédagogiques ont pris conscience d'une divergence, l'étape suivante consiste à garantir le processus de convergence.

8.4.3.d - La convergence

La convergence manuelle

Le service d'importation (voir figure 57) a été amélioré pour permettre la convergence. Lorsqu'une divergence apparaît, les enseignants peuvent choisir manuellement une nouvelle version de l'OP à l'aide du service de représentation des relations. Ils peuvent ainsi remplacer sur la plate-forme l'objet pédagogique d'origine dans l'espace de cours approprié. Le service de sensibilisation aux évolutions de l'OP sollicite le service d'importation pour accomplir la convergence.

Les enseignants attendent généralement la fin de la période de cours pour converger, même si le schéma de métadonnées du LOM a été amélioré pour prendre en compte l'importance des modifications. Ils peuvent rapidement prendre la décision de converger quand l'importance est faible et quand il n'y a pas de réingénierie compétitive ou de changement de format en cours.

La convergence automatique

Pour simplifier le processus de convergence, le service de sensibilisation aux évolutions de l'objet pédagogique est capable de converger automatiquement lorsque tous les critères mentionnés ci-dessus sont réunis. Notons que cette fonctionnalité doit être activée par un enseignant éditeur.

Le nouveau service permet également aux enseignants de programmer le meilleur moment pour converger automatiquement : à la fin de la période d'enseignement. Cependant, la convergence automatique ne peut s'appliquer qu'à condition de ne pas avoir de branche compétitive ou de changement de format en cours. En effet, le choix entre deux OP compétitifs ou entre deux OP de format différent nécessite l'intervention de l'enseignant.

⁸⁵ RSS : Really Simple Syndication, format XML utilisé pour la syndication de contenu web.

8.5 - Synthèse

L'exploitation des métadonnées liées au cycle de vie a donné lieu à la mise en place de trois services :

- 1- une représentation 3D des relations entre OP et évolutions d'OP favorisant la visualisation de l'évolution de l'OP ;
- 2- un service de gestion des annotations favorisant la collecte des retours d'expériences à grande échelle;
- 3- et un service de gestion des évolutions permettant de maintenir à jour le contenu des formations de façon automatisée, manuelle ou programmée.

La représentation des relations apporte plusieurs bénéfices :

- les utilisateurs finaux ne doivent pas parcourir manuellement tous les descripteurs concernant les relations entre OP ou entre évolutions pour se faire une idée de l'évolution des OP ;
- il est plus facile pour un responsable de cours d'avoir une vision globale de la production de contenus pédagogiques complexes : la représentation prend en compte les évolutions, les branches compétitives, ainsi que les processus d'agrégation et de segmentation des OP ;
- les recherches et les récupérations des évolutions des objets pédagogiques sont beaucoup plus rapides qu'en utilisant l'approche traditionnelle : toutes les évolutions d'un objet pédagogique donné sont disponibles immédiatement le long de l'axe Temps ;
- la navigation fastidieuse dans les diverses relations d'un OP et de ses dépendances successives n'est plus nécessaire ;
- l'axe Objectif facilite la recherche et la réutilisation de matériel pédagogique impliqué dans une branche compétitive ou dans un changement de format ;
- les utilisateurs ont un accès direct à tous les objets pédagogiques intégrés dans un OP donné. Ils ont ainsi la possibilité de découvrir des OP de granularités variées ;
- la représentation de l'état d'un OP donné par des couleurs associées aux étapes du cycle de vie permet d'identifier les ressources prêtes à l'emploi.

L'introduction du service de gestion des annotations dans l'architecture LOV présente elle aussi plusieurs bénéfices :

- elle permet aux utilisateurs d'ajouter une annotation au moment le plus pertinent, c'est-à-dire après l'exploitation de l'OP dans une plate-forme ;
- elle autorise des utilisateurs variés, répartis sur plusieurs plates-formes, de partager les annotations stockées dans plusieurs viviers ;
- les critères utilisés pour évaluer un OP peuvent être personnalisés au niveau de la plate-forme en fonction du rôle de l'utilisateur.

De plus, le stockage des annotations dans le vivier améliore le service de recherche de la couche de fédération. En effet, un enseignant recherchant des OP existants pour modifier le contenu d'un cours est maintenant capable de consulter les annotations associées à ces ressources. Enseignants et tuteurs ont donc leur travail facilité pour :

- construire un scénario ou un cours en améliorant le processus de sélection des OP : les enseignants éditeurs peuvent trier les OP en fonction d'un mécanisme qualitatif qui prend en compte le poids des différents critères d'évaluation.
- éviter les erreurs pédagogiques durant l'exploitation d'une ressource, et connaître les avantages et inconvénients de cette dernière.

Les informations nécessaires à la sensibilisation aux évolutions de l'OP peuvent maintenant être retrouvées et exploitées dans le système utilisé par les enseignants et les responsables pédagogiques, c'est-à-dire la plate-forme, grâce à la virtualisation des objets pédagogiques. Les utilisateurs finaux peuvent bénéficier de techniques de visualisation à la demande et de systèmes de notification pour se tenir informés de toutes les divergences liées aux objets pédagogiques qu'ils exploitent. Ils peuvent également disposer de toutes les informations nécessaires pour prendre la décision de converger ou non.

L'introduction du service de sensibilisation aux évolutions de l'OP dans l'architecture de virtualisation présente plusieurs bénéfices :

- le service permet aux enseignants de rester vigilants à propos des divergences de tous les objets pédagogiques qu'ils ont importés sans pour autant surveiller en permanence le contenu du vivier ;
- il facilite le processus de convergence en permettant la mise en place de convergences automatiques ou programmées ;
- il évite les conflits pédagogiques dans le cas de dépendances avec l'OP ;
- il garantit aux apprenants d'avoir un contenu pédagogique à jour.

La prise en compte du cycle de vie générique a donné lieu à un enrichissement des métadonnées du standard LOM, renseignées de manière progressive et complétées par un mécanisme de propagation. L'exploitation de ces nouvelles données a entraîné la mise en place des trois services présentés dans ce chapitre. La partie suivante va montrer comment le cycle de vie, l'enrichissement des métadonnées et les services ont été mis en œuvre dans le cas concret de notre expérimentation au sein du campus numérique IEM.

**Partie III – Implémentation et
intégration dans le campus numérique
IEM**

Chapitre 9 - Vers une optimisation de la production et de la réingénierie

9.1 - Introduction

Nos travaux ont donné lieu à la définition d'un cycle de vie générique et à l'enrichissement des métadonnées permettant de décrire l'objet pédagogique. L'approche générique doit maintenant être appliquée au consortium International E-Mi@ge. La gestion du cycle de vie des modules de formation du consortium IEM était initialement assurée par des fiches de module dont le contenu était mis à jour manuellement. L'état d'avancement de la production se mesurait sur une échelle de quatre états : en chantier, en cours de médiatisation, en cours de validation, et prêt à l'exploitation. Le travail des différents auteurs et du chef de projet était stocké sur leurs postes de travail respectifs et circulait par messagerie électronique quand le besoin s'en faisait sentir. Le vivier de connaissances ne permettait d'indexer réellement que les modules prêts à l'exploitation pour faciliter ensuite leur déploiement sur les plates-formes d'apprentissage. Les processus de réingénierie ne faisaient pas l'objet de collectes de retours d'expériences spécifiques et n'étaient enclenchés que sur initiative personnelle ou sur demande du comité de programmes pour mieux répondre aux besoins de la formation.

L'implémentation des services présentés dans le chapitre 8 nécessite l'adaptation du schéma de métadonnées de la fondation ARIADNE, profil d'application du LOM initialement adopté par le campus numérique, pour pouvoir assurer la gestion du cycle de vie des modules du consortium.

9.2 - Extension du schéma de métadonnées d'IEM

Compte tenu de l'accord passé entre la fondation européenne ARIADNE et le consortium « International E-Mi@ge », le profil d'application initial du campus numérique IEM correspond au schéma de métadonnées ARIADNE. Chaque élément de métadonnées ARIADNE correspond à un descripteur des métadonnées LOM [Najjar & Duval, 2003], garantissant ainsi l'interopérabilité avec d'autres systèmes en vue de l'interconnexion de viviers de connaissances.

Les objectifs regroupant les informations nécessaires au suivi de l'OP et qui ont été définis dans le tableau 3 permettent de relever les manques du schéma de métadonnées ARIADNE et de proposer des modifications, toutes surlignées sur la figure 60. Nous pouvons vérifier que le profil d'application IEM, correspondant au nouveau schéma de métadonnées répond aux objectifs fixés :

⇒ L'identification de l'objet pédagogique est assurée par un identifiant unique (IEM 5.3) et par un titre (IEM 1.1). Notons toutefois qu'il n'existe pas de distinction entre l'identifiant de l'OP et celui des métadonnées ; cette distinction aurait permis d'éviter de dupliquer l'OP lorsque seules les métadonnées changent, comme c'est le cas pour les étapes de classification, validation, diffusion, recherche, utilisation, retrait, et retours d'expériences.

⇒ La situation de l'objet pédagogique dans son cycle de vie n'est prise en compte qu'au niveau de la granularité (IEM 3.9). Les descripteurs suivants doivent être ajoutés :

- le numéro de version de l'OP (IEM 1.11) ;
- la date limite de validité définie par le comité éditorial (IEM 1.12) ;
- les relations qualifiées (IEM 7) qui permettront d'identifier les révisions précédentes et suivantes ;

- et enfin, l'état de l'objet pédagogique. Le comité éditorial d'IEM avait défini initialement dans le système de gestion de contenu quatre états de l'objet pédagogique :

- « en chantier ». Les auteurs définissent le contenu de l'objet pédagogique. Cela correspond aux étapes d'initialisation et de conception de notre représentation générique ;
- « en cours de médiatisation ». Quand les différents auteurs ont terminé leur travail de conception, le chef de projet assure la médiatisation de l'OP et son indexation dans le vivier. Cela correspond aux étapes de réalisation et de classification ;
- « en cours de validation ». Les membres du comité éditorial sont sollicités pour donner leur avis et décider (1) de l'acceptation de l'OP en l'état ou (2) de demander son amélioration aux auteurs et au chef de projet. Cela correspond à l'étape de validation ;
- et « prêt à l'exploitation ». L'objet pédagogique peut être déployé sur toutes les plates-formes du consortium pour permettre son exploitation par les étudiants et enseignants. Cela correspond aux étapes de diffusion, recherche et utilisation.

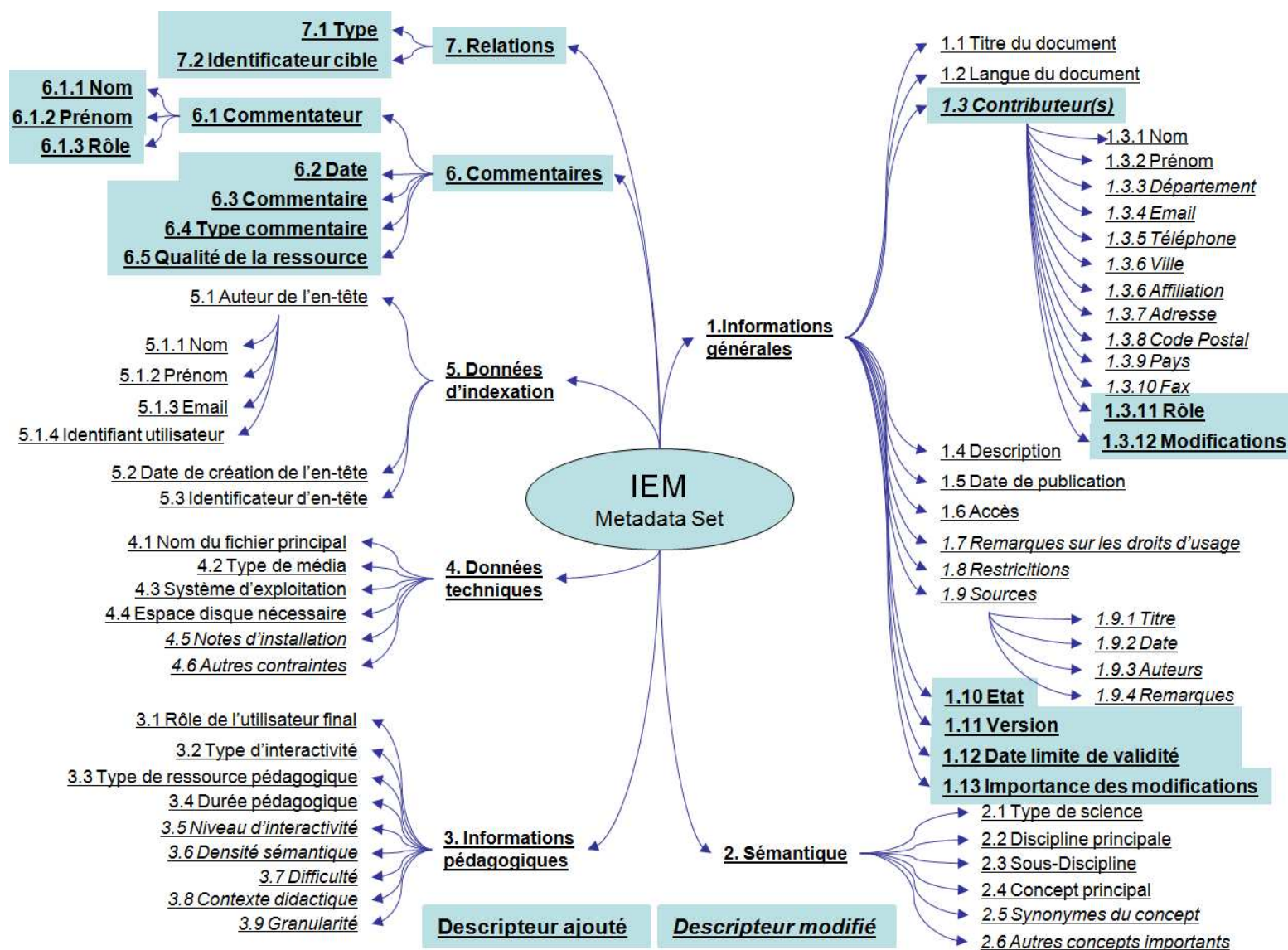


Figure 60. Schéma de métadonnées ARIADNE modifié pour le cycle de vie

Vocabulaire actuel IEM	Vocabulaire préconisé
en chantier	en cours d’initialisation, en cours de conception
en cours de médiatisation	en cours de réalisation, en cours de classification
en cours de validation	en cours de validation
prêt à l’exploitation	final, révisé
non défini dans le vocabulaire IEM	en cours d’évaluation, indisponible

Tableau 9. Correspondance entre le vocabulaire initialement utilisé par IEM et celui du cycle de vie générique.

Nous avons établi dans le tableau 9 la correspondance entre le vocabulaire présenté dans la partie 7.3.1 et celui initialement défini par IEM [Catteau, Vidal et Broisin, 2006b].

⇒ La situation de l’objet pédagogique par rapport aux autres OP est maintenant assurée par l’ajout des relations qualifiées, déjà mentionné ci-dessus (IEM 7).

⇒ Cependant, la mesure de l’évolution de l’objet pédagogique n’est prise en compte qu’au niveau de l’identification des auteurs (IEM 1.3). La date de publication (IEM 1.5) donne également une indication temporelle de la date des modifications, sachant que les évolutions successives sont désormais stockées dans le vivier. Il faut donc :

- assurer la prise en compte du rôle (IEM 1.3.11) pour éviter la restriction des contributions aux auteurs et permettre de définir d’autres types de contributeurs tels que ceux définis dans l’annexe C du format UNIMARC [IFLA, 2000] ;
- permettre à chaque contributeur d’indiquer les modifications qu’il a apportées depuis la dernière évolution de l’objet pédagogique (IEM 1.3.12) ;
- autoriser le comité éditorial à définir l’importance des modifications (IEM 1.13).

⇒ Enfin, aucun élément ne permet de collecter des retours d’expériences sur l’objet pédagogique. Il est donc nécessaire de créer une catégorie complète prenant en charge les commentaires des différents utilisateurs (IEM 6).

Le suivi du cycle de vie des modules de formation était au départ partiellement assuré par l'utilisation du système de gestion de contenu. Le vivier de connaissances était sollicité uniquement pour :

- indexer des modules prêts à l'emploi ;
- favoriser le déploiement des modules dans les plates-formes grâce à la virtualisation.

Cet état des lieux s'explique très bien avec le schéma de métadonnées initial qui ne permet aucunement d'assurer la gestion du cycle de vie. Les modifications énoncées ci-dessus corrigent ce problème et vont permettre de stocker dans le vivier toutes les évolutions des modules de formation IEM ainsi que leurs sous-parties. L'une des premières applications de cet enrichissement des métadonnées est l'implémentation du service de représentation des relations.

9.3 - Développement du service de représentation 3D des relations

Lorsqu'un utilisateur, à l'aide du service de recherche implémenté sur la plate-forme, affiche les résultats d'une exploration d'objets pédagogiques en correspondance avec des mots-clefs spécifiques, un hyperlien associé à chaque résultat permet à l'utilisateur de lancer la représentation 3D des relations (cf. figure 61a) et de visualiser les relations correspondant à l'OP sélectionné (cf. figure 61b).

Le service est basé sur la technologie Adobe Flash™, et n'a besoin que de l'identifiant de l'objet pédagogique pour retrouver toutes les relations. En effet, en sollicitant les *Web Services* ARIADNE et en considérant les métadonnées relatives aux relations, il est possible de récupérer récursivement les objets pédagogiques liés ; ce processus s'arrête lorsqu'un OP n'a plus d'autres relations. Ensuite, le service construit la représentation 3D et illustre toutes les relations qui ont pu être trouvées (cf. figure 61b).

Le service de représentation 3D implémente toutes les fonctionnalités présentées dans la partie 8.2 et offre l'opportunité de visualiser :

- le titre de l'OP qui s'affiche en survolant la sphère qui correspond à ce dernier;
- l'état de l'objet pédagogique représenté par une couleur attribuée à la sphère ;
- le type de relation entre deux OP qui apparaît lorsque l'utilisateur survole avec sa souris la courbe qui matérialise la relation.

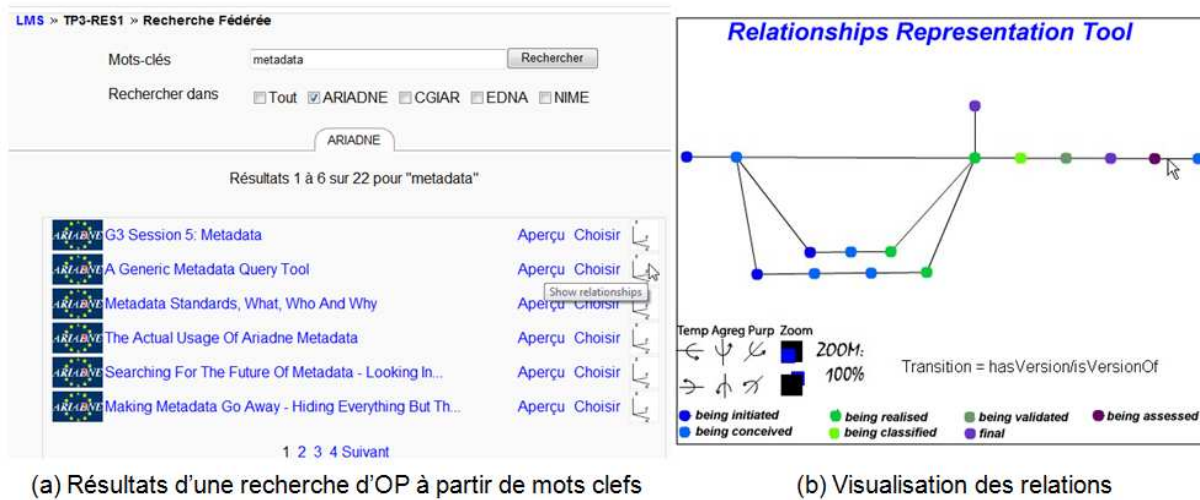


Figure 61. Service de représentation des relations

Cependant, l'exploration peut devenir difficile lorsque le nombre d'OP à afficher est trop important. Il faut également anticiper le risque d'un bouclage sans fin dans le cas d'une erreur dans le renseignement des relations. Pour solutionner ces problèmes, les algorithmes présentés en annexe 2 sont appliqués. Il est possible, dans un premier temps, de limiter le nombre d'itérations. On affecte à chaque OP un niveau, le niveau 0 correspondant à l'OP choisi initialement par l'utilisateur. La figure 62 montre un exemple de valeurs du niveau : les OP de niveau 1 correspondent aux OP directement reliés à l'OP de niveau 0, les OP de niveau 2 correspondent aux OP non encore représentés, directement reliés aux OP de niveau 1, et ainsi de suite. L'utilisateur peut ainsi limiter l'affichage et l'exploration des OP dans le vivier en fixant un niveau seuil.

Il est également possible de filtrer en fonction du type de relation. L'utilisateur ne verra que les évolutions de l'OP s'il se limite aux relations *isBasedOn/isBasisFor* et *hasVersion/isVersionOf*, voire éventuellement *hasFormat/isFormatOf*. Enfin, il peut aussi développer (à l'aide d'un symbole "+" apparaissant au survol de l'OP concerné) ou réduire (à l'aide d'un symbole "-") les relations affichées. Les *Web Services* ARIADNE sont sollicités si les OP qui doivent être ajoutés à la représentation n'ont pas encore été récupérés.

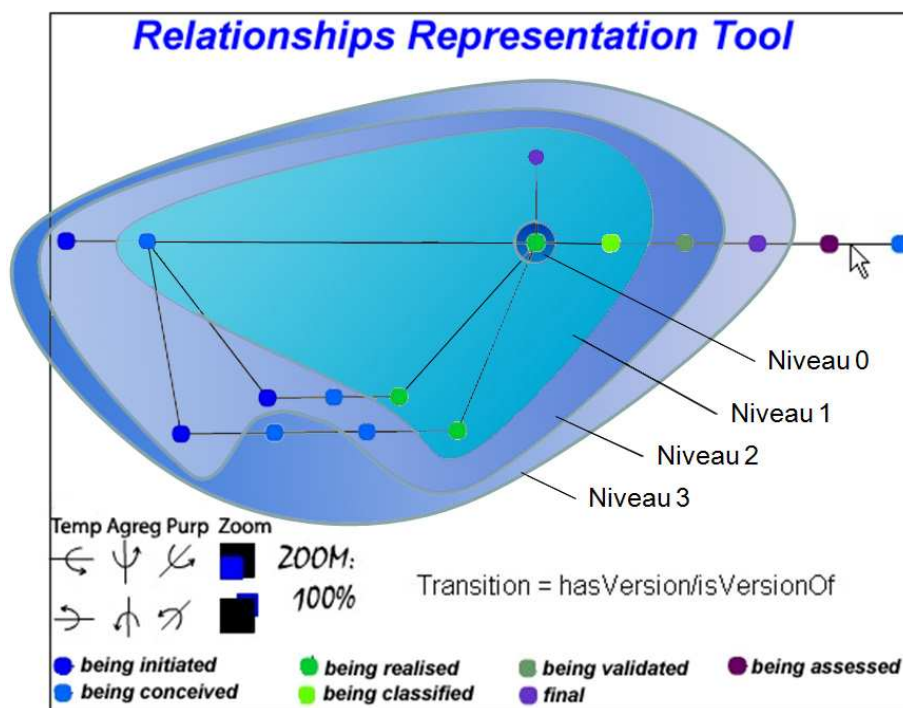


Figure 62. Limitation de l'exploration des OP par itérations

Pour faciliter le travail d'indexation des évolutions successives, le renseignement progressif des métadonnées doit être mis en œuvre. Le service de représentation des relations contribue à cette simplification en identifiant rapidement l'évolution qui précède le nouvel élément à indexer.

9.4 - Le renseignement progressif et la propagation des métadonnées

Le travail de classification avec le profil d'application IEM se limite à la définition des disciplines (IEM 2.1 à 2.3) qui peut être confiée à un membre du comité de programmes et à la définition de concepts (IEM 2.4 à 2.6) qui peut être confiée aux auteurs. L'OP n'est pas classé par rapport à des systèmes de classification répandus et reconnus tels que Dewey [Open Computer Library Center, 2007], même s'il est possible d'établir une correspondance entre les disciplines IEM et la classification Dewey. De plus, le consortium IEM n'a pas dans son personnel de documentaliste qui puisse se consacrer à la classification des modules.

Pour ces raisons, l'étape de classification n'est pas utilisée dans le cycle de vie des objets pédagogiques du consortium.

Pour permettre le suivi des objets pédagogiques du consortium dans leur cycle de vie, le profil d'application IEM constitue un enrichissement du profil d'application ARIADNE, lui-même adapté du standard LOM. La démarche liée au renseignement progressif des

métadonnées du LOM, présentée dans la partie 7.4 a été appliquée au profil d'application IEM : elle est représentée par la figure 63.

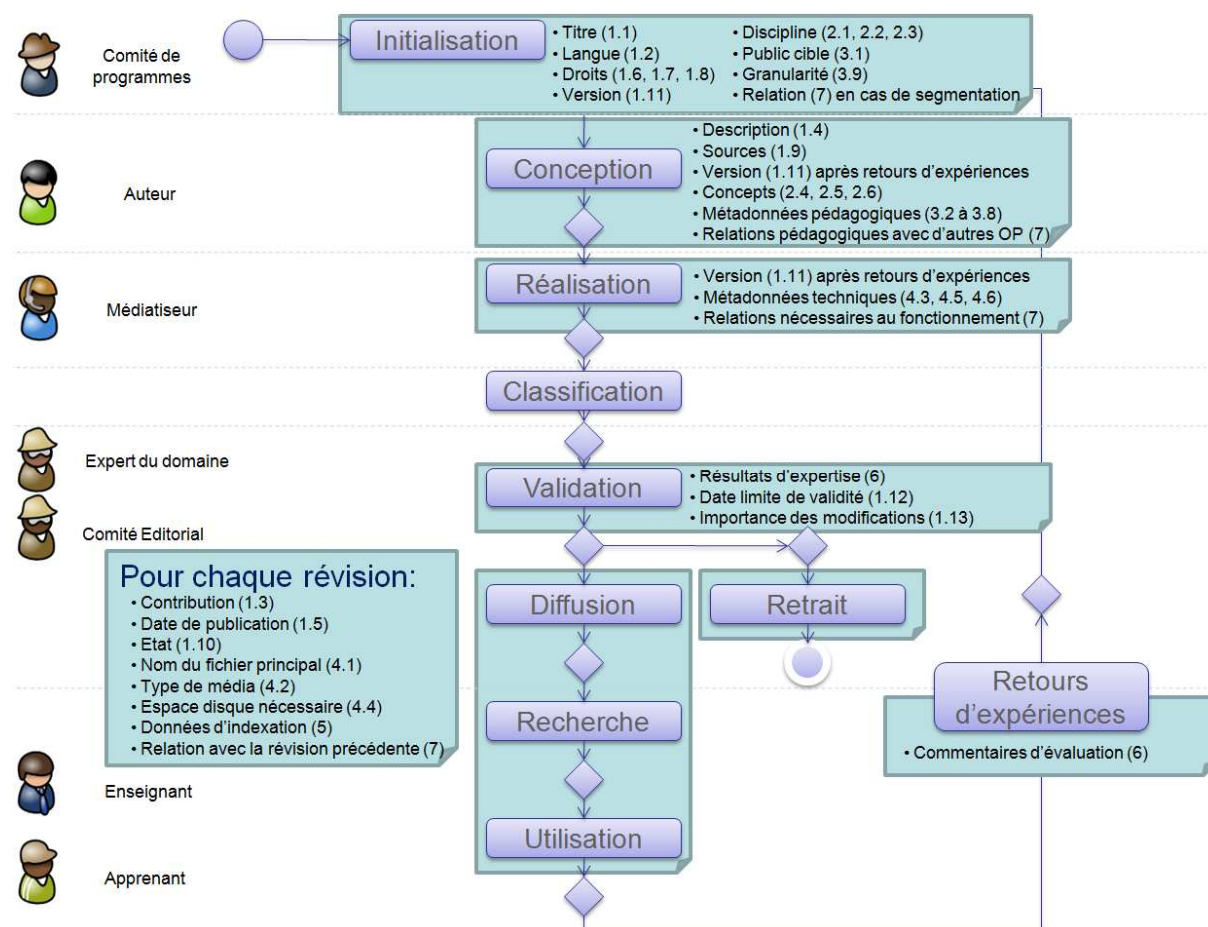


Figure 63. Renseignement progressif des métadonnées pour IEM

Le service de représentation des relations a été amélioré pour permettre à un utilisateur de déposer une évolution d'un OP en complétant les métadonnées correspondant à l'état de cette nouvelle évolution. La figure 64 montre un exemple d'utilisation : un membre du comité éditorial lance notre service pour avoir une représentation 3D des relations induites. En cliquant sur l'évolution « en cours de réalisation », un menu lui donne la possibilité d'ajouter une évolution « en cours de validation ». Cette simple action permet de préciser, pour la nouvelle évolution, son état et la relation avec l'évolution précédente. L'identité du contributeur est connue par l'authentification qu'il a saisie lors de sa connexion à la plate-forme. Les rôles par défaut définis dans la plate-forme Moodle sont les suivants : administrateur, responsable de cours, enseignant éditeur, enseignant, étudiant et invité. Les rôles complémentaires, correspondant aux différents types de contributeurs visibles sur la figure 63, permettent de déterminer les actions autorisées pour chaque utilisateur (par exemple, ajout d'une révision « en cours de conception » pour un utilisateur dont le rôle est

« Auteur »), et de renseigner les métadonnées adéquates. Le nouvel identifiant des métadonnées est généré automatiquement par le système. Il ne reste plus au membre du comité éditorial qu'à renseigner la date limite de validité de l'OP et la nature des modifications apportées. Afin d'alléger cette tâche, ce dernier champs est pré-rempli par le système. La durée de validité est, quant à elle, fixée par défaut à deux années.

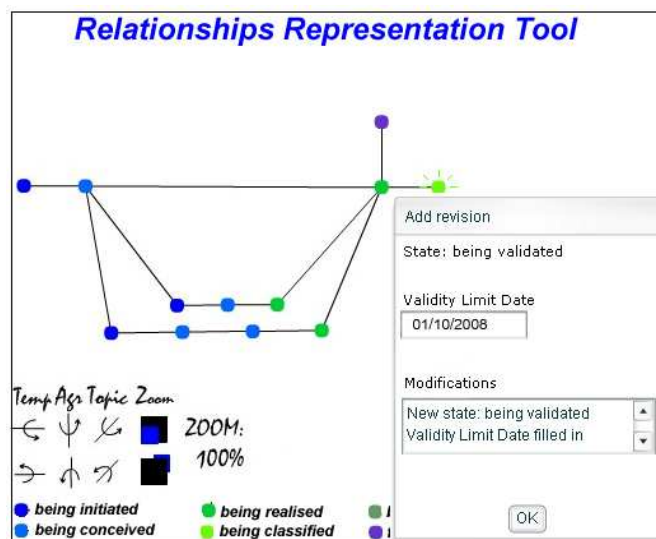


Figure 64. Exemple de renseignement progressif de métadonnées.

La propagation des métadonnées entre évolutions successives est opérée avec les règles que nous avons précisées dans la partie 7.4. La figure 65 reprend l'exemple précédent et montre les métadonnées qui se sont propagées entre l'évolution en cours de réalisation et l'évolution en cours de validation : le titre (IEM 1.1), la langue du document (IEM 1.2), les droits d'accès (IEM 1.6) et la discipline (IEM 2.1 à 2.3) qui ont été renseignés en cours d'initialisation, et enfin la description (IEM 1.4) ainsi que les concepts (IEM 2.4 à 2.6) qui ont été renseignés en cours de conception.

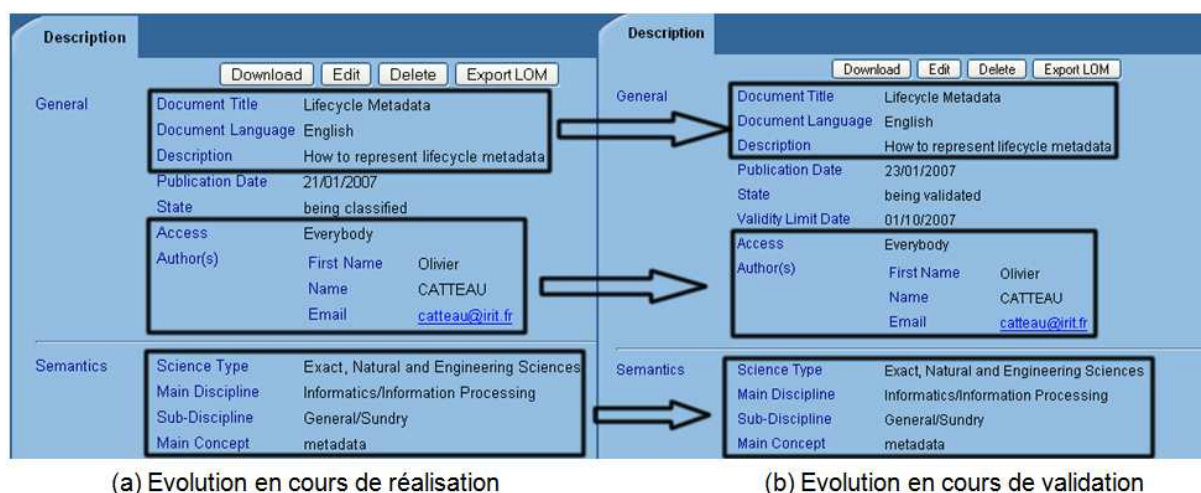


Figure 65. Exemple de propagation de métadonnées entre 2 évolutions successives

Les processus de génération automatique de métadonnées viennent compléter le dispositif. Lors du dépôt du fichier, des métadonnées sont extraites lorsqu'il s'agit d'un format de fichier d'usage répandu, pendant que d'autres métadonnées, telles que la langue ou la discipline, sont déduites par des algorithmes complexes qui ont été intégrés.

La collecte et l'exploitation des métadonnées liées au cycle de vie sont facilitées également par l'intégration de 2 nouveaux services dans l'architecture LOV, à savoir : les services de gestion des annotations et de la sensibilisation aux évolutions de l'OP.

9.5 - Un service pour la collecte et l'exploitation des retours d'expériences

Le service de gestion des annotations permet une coopération entre Moodle⁸⁶ et le vivier de connaissances IEM : les commentaires sont collectés depuis Moodle et enregistrés dans le vivier. Là encore les rôles définis dans Moodle sont utilisés. Le rôle « expert du domaine » a été créé pour rassembler les résultats d'expertises des pairs. La figure 66 retrace en UML tous les cas d'utilisation pouvant être rencontrés.

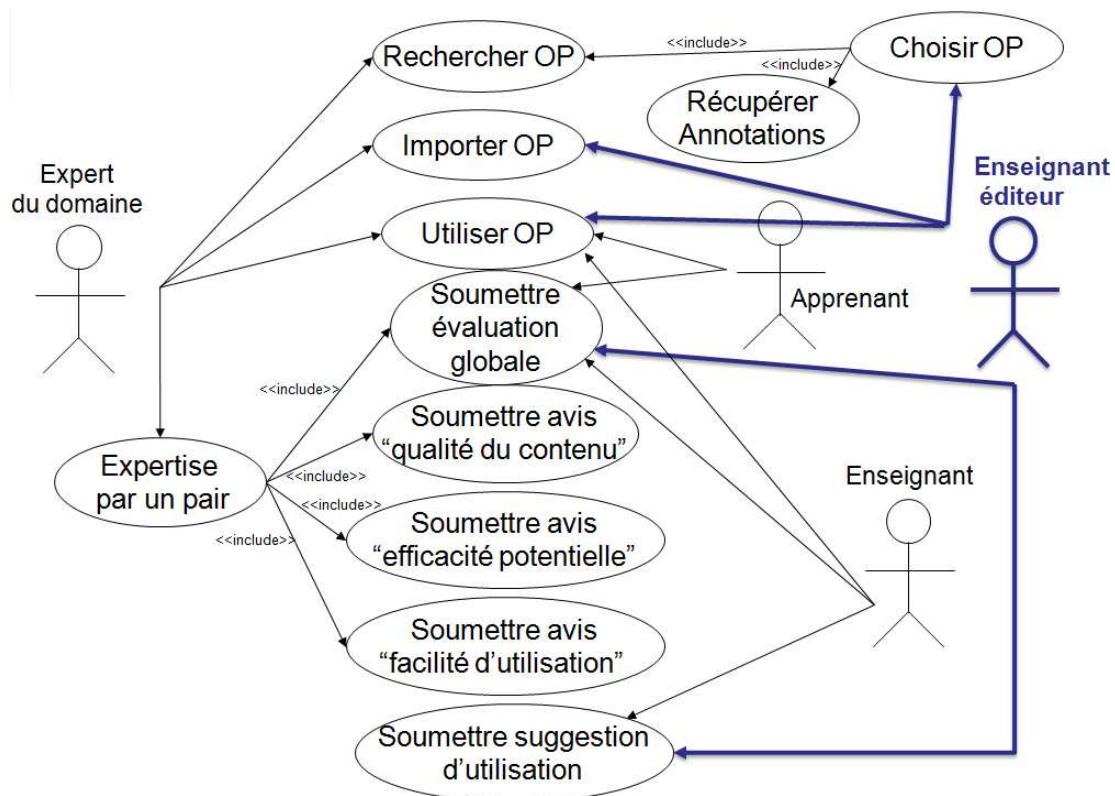


Figure 66. Cas d'utilisation des retours d'expériences

⁸⁶ Moodle : plate-forme pédagogique, <http://www.moodle.org/>

Lorsqu'un objet pédagogique est en cours de diffusion au sein d'une plate-forme d'apprentissage, étudiants et enseignants peuvent proposer leurs propres annotations. Les utilisateurs sont tous autorisés à soumettre des évaluations globales. Les suggestions d'utilisation sont réservées aux enseignants tandis que l'expert du domaine évaluera l'OP de manière plus approfondie: qualité du contenu, efficacité, facilité d'utilisation [McMartin et al., 2004]. Dès l'ajout de la première annotation, une nouvelle évolution de l'OP est créée au sein du vivier de connaissances ; c'est un clone de l'OP diffusé dans la plate-forme, mais on état est « en cours d'évaluation ». Toutes les annotations postérieures seront accumulées au sein des métadonnées de cette nouvelle évolution. Après la prochaine étape de validation (ce qui correspond à la fin de la réingénierie), la nouvelle évolution dont l'état sera « révisé », pourra être recherchée à partir de la plate-forme et intégrée dans un cours. Pendant l'étape de recherche, l'enseignant éditeur pourra se laisser guider dans son choix par les différentes annotations et évaluations saisies précédemment par les autres utilisateurs.

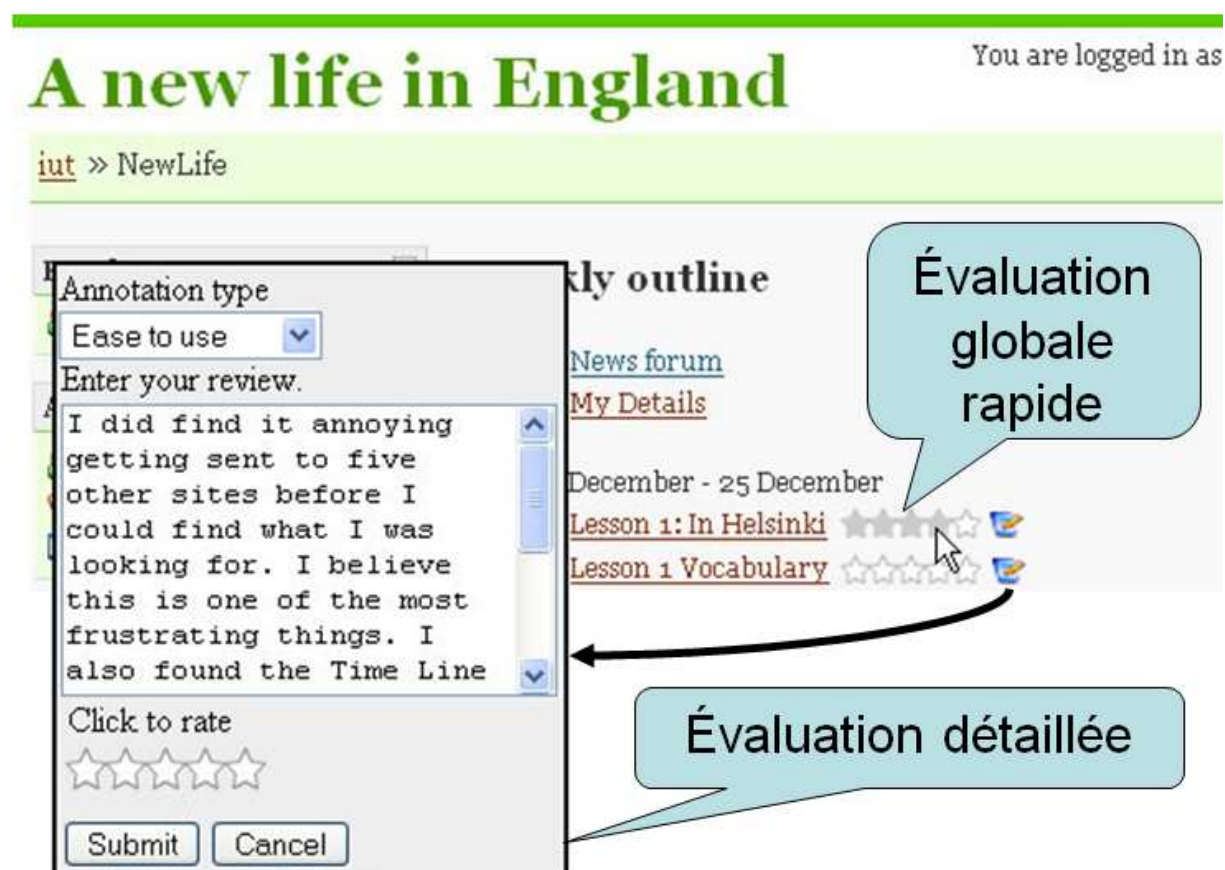


Figure 67. Evaluations de l'OP dans les plates-formes

Les évaluations globales quantitatives sont effectuées rapidement par les utilisateurs à l'aide d'une interface graphique de notation utilisant des étoiles, représentée sur la figure 67. Les évaluations détaillées consistent à remplir un ou plusieurs formulaires qui comportent :

- le type de commentaire qui peut être global, ou qui peut correspondre à une suggestion d'utilisation ou à un critère d'évaluation spécifique ;
- le contenu d'une évaluation qualitative ;
- une interface graphique de notation à base d'étoiles. Lorsque le type de commentaire correspond à une suggestion d'utilisation, cette évaluation quantitative devient inappropriée et se désactive.

Chaque utilisateur peut soumettre et modifier, selon les autorisations dont il dispose, un commentaire de chaque type pour le même OP. Les autorisations sont déterminées à partir du rôle attribué à l'utilisateur dans la plate-forme. Il n'y a pas de limite concernant le nombre d'utilisateurs qui peuvent stocker leurs commentaires pour le même OP. Notons que les descripteurs de la catégorie Commentaires (IEM 6) correspondant au contributeur et à la date n'apparaissent pas sur la figure 67. En effet, le nom, le prénom et le rôle peuvent être déduits des données de l'utilisateur stockées sur la plate-forme, alors que la date peut facilement être capturée par le système.

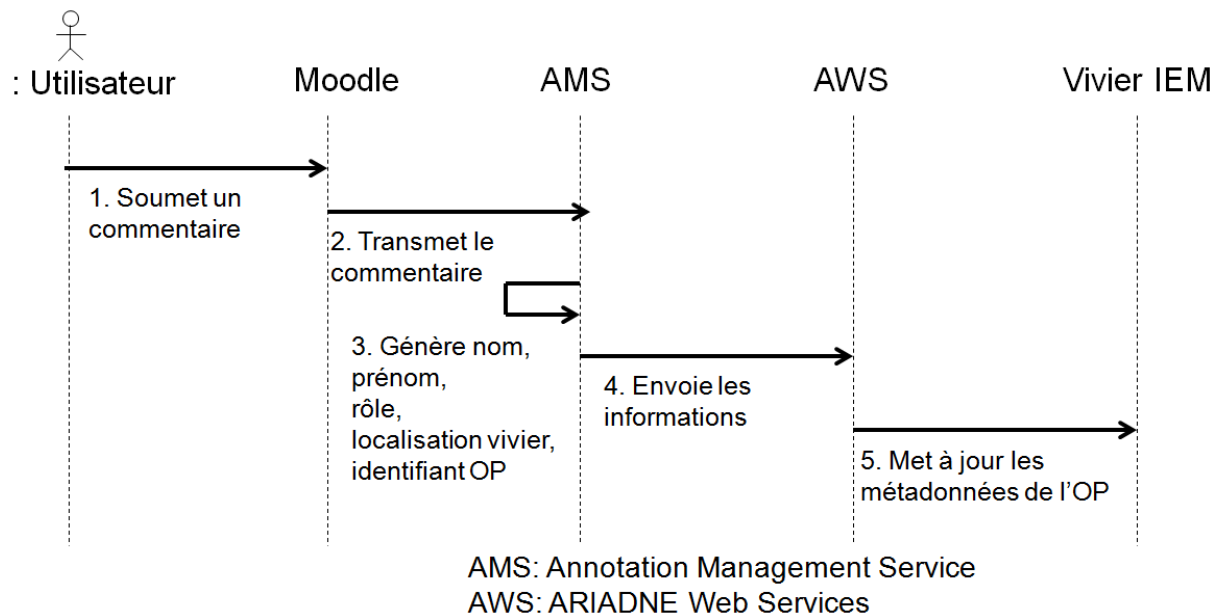


Figure 68. Séquences de soumission d'un commentaire

Les commentaires soumis par les utilisateurs sont enregistrés de manière transparente dans le vivier de connaissances. Le diagramme de séquence UML illustré par la figure 68 représente les opérations requises pour accomplir ce processus :

1. Un utilisateur soumet un commentaire en utilisant l'interface de Moodle.
2. Moodle transmet le commentaire au service AMS⁸⁷.
3. Ce dernier génère le nom, le prénom et le rôle de l'utilisateur à partir des variables de session Moodle, et consulte les propriétés de l'OP pour en extraire la localisation du vivier responsable de sa gestion, ainsi que son identifiant. Ces propriétés sont spécifiées par le service d'importation (voir figure 57) pendant le processus d'importation : il enregistre le lien entre le vivier source, l'OP importé et son identifiant dans le vivier.
4. Le service AMS envoie à la fois le commentaire et l'identifiant de l'OP aux AWS⁸⁸ responsables de la gestion du vivier de connaissances. Ces derniers ont été modifiés pour la prise en charge des commentaires. Le protocole SOAP⁸⁹ est utilisé pour garantir la communication entre les entités.
5. Les AWS insèrent le retour d'expériences au sein des métadonnées décrivant l'OP correspondant.

Tous les experts, enseignants, tuteurs, et apprenants situés dans les divers centres d'exploitation IEM sont ainsi capables de soumettre et de partager leurs propres commentaires, et de bénéficier des évaluations suggérées par toute la communauté.

L'architecture LOV a également été complétée par l'ajout d'un service de sensibilisation aux évolutions dont l'implémentation est présentée dans la partie suivante.

9.6 - Un service de gestion des conflits et des évolutions

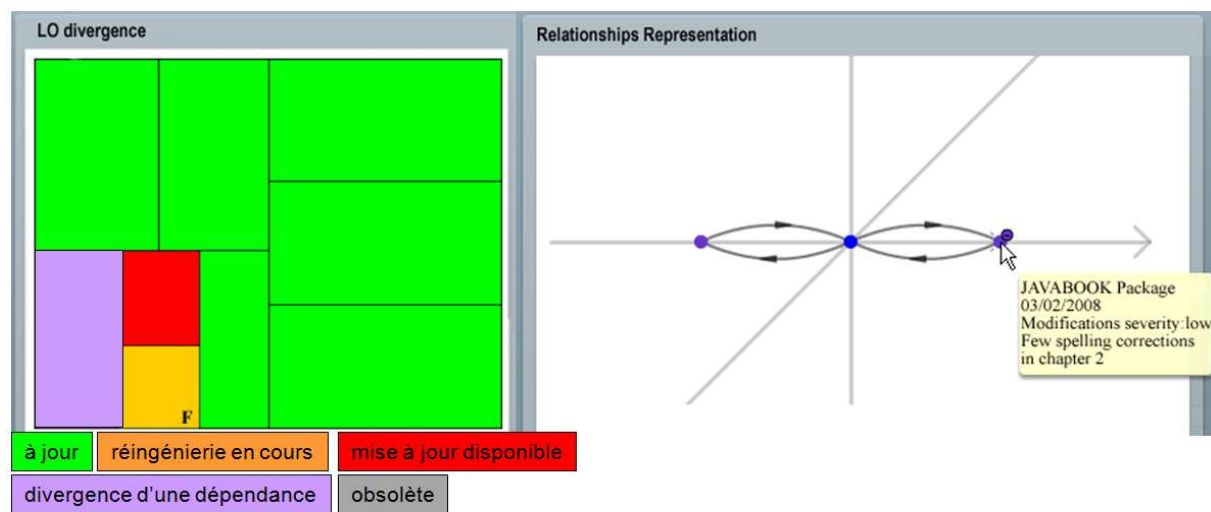
Le service de sensibilisation aux évolutions est assuré à travers Moodle en récupérant les métadonnées stockées dans le vivier de connaissances IEM. Un exemple de visualisation des divergences est représenté par la figure 69a. La représentation *treemap* est ici générée à partir de l'arborescence des fichiers de tous les cours contenant des OP importés. Cette représentation permet aux enseignants de regarder rapidement toutes les divergences. Elle indique ici qu'un OP a au moins une évolution successive dans le vivier avec un format

⁸⁷ AMS : Annotation Management Service

⁸⁸ AWS : ARIADNE Web Services

⁸⁹ SOAP : Simple Object Access Protocol

différent (rectangle orange avec la lettre « F »). Elle montre aussi qu'une nouvelle version d'un autre OP est disponible (rectangle rouge). L'enseignant peut générer la représentation des relations à partir de l'OP divergent (cf. figure 69b). Ainsi, il peut voir les évolutions successives et les modifications effectuées par les auteurs, ainsi que l'importance des modifications des nouvelles versions prêtes à l'emploi. Ces éléments l'aide à décider s'il doit converger de suite ou non. Enfin, un objet pédagogique a au moins un conflit avec un autre OP importé dans le vivier (rectangle violet).



(a) Représentation *treemap* des divergences (b) Représentation des relations de l'OP divergent

Figure 69. Exemple de visualisation des divergences

Les notifications sont générées de manière transparente par le service de sensibilisation aux évolutions grâce aux informations stockées dans le vivier. Le diagramme de séquence UML illustré par la figure 70 représente les opérations requises pour réaliser le processus de notification. Grâce à une intégration au sein du script de maintenance qui s'exécute toutes les 24 heures sur la plate-forme, le service de sensibilisation aux évolutions est sollicité pour vérifier les divergences de chaque objet pédagogique importé (1). Le service consulte les propriétés de l'OP pour en extraire la localisation du vivier responsable de son stockage ainsi que son identifiant (2). Le service vérifie ensuite auprès des AWS les évolutions de l'OP (3). Les AWS parcourent le vivier (4) et les métadonnées correspondantes sont transmises au service de sensibilisation aux évolutions (5). Le service vérifie également toutes les dépendances de l'OP (6, 7 and 8), et génère un rapport des divergences (9) transmis à la plate-forme (10). Des flux RSS sont finalement générés (11), et l'enseignant est notifié par messagerie électronique (11').

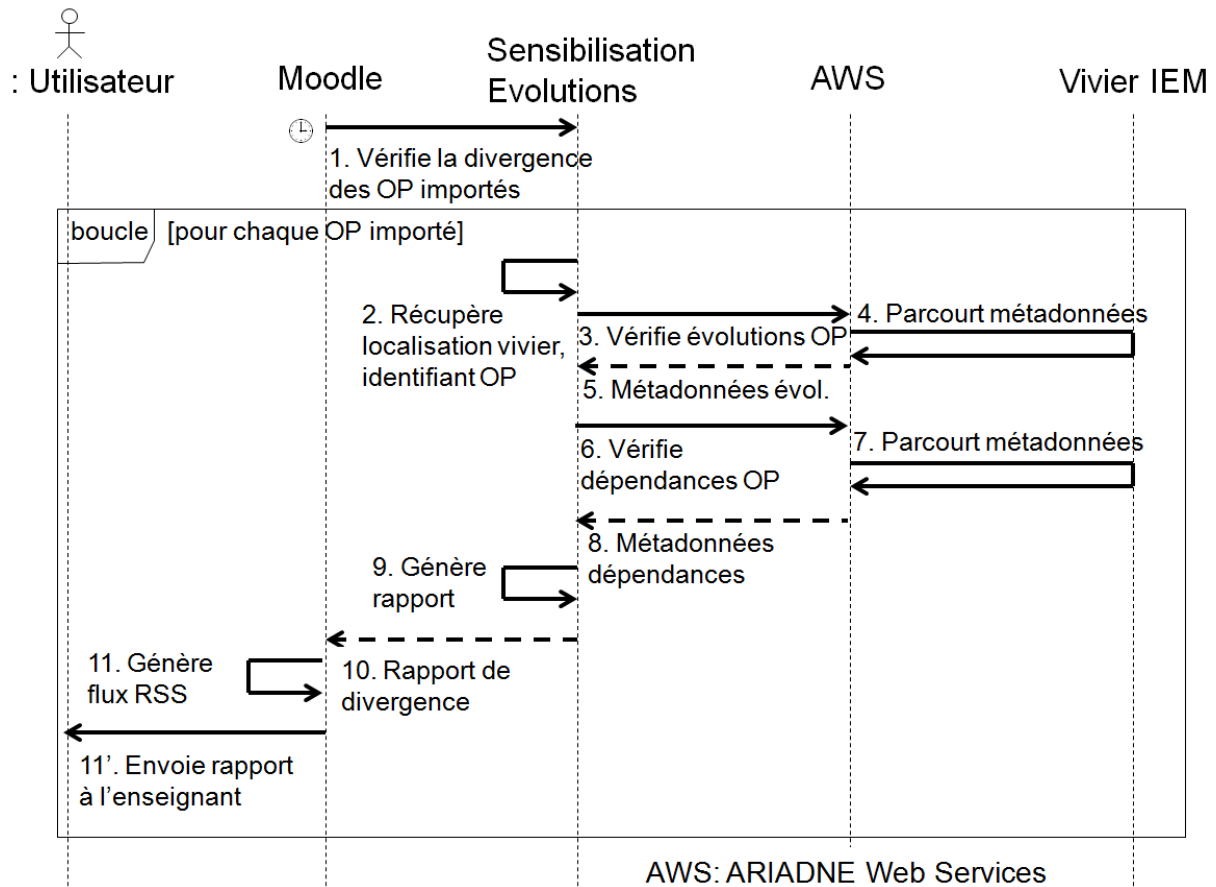


Figure 70. Séquence de notification des divergences

Les responsables de cours ont accès aux informations de sensibilisation aux divergences de tous les objets pédagogiques importés dans la plate-forme, alors que les enseignants n'ont accès qu'aux informations des OP intégrés dans leurs cours.

Pour éviter le blocage du système dans une boucle sans fin, ce qui pourrait arriver avec des erreurs dans le renseignement des relations entre OP, l'exploration itérative des évolutions et dépendances de l'OP ne se fait que par date de publication croissante. De plus, le système de limitation par niveau, décrit dans la partie 9.3 est également appliqué : l'exploration s'arrête lorsqu'un niveau seuil, plus élevé que celui choisi par l'utilisateur de la représentation des relations, est atteint. Enfin, le script PHP chargé de lancer les explorations dans le vivier de manière itérative est protégé par un temps d'exécution maximal.

Lors de l'importation de l'OP dans la plate-forme, les enseignants éditeurs ont la possibilité de spécifier s'ils souhaitent activer la convergence automatique. Celle-ci ne sera réalisée que lorsque l'importance des modifications est faible et lorsqu'il y a absence d'une réingénierie compétitive et d'un changement de format. Cet abonnement à la convergence automatique est spécifique à chaque OP importé. Quand la convergence automatique n'est pas possible, l'enseignant éditeur doit solliciter la représentation des relations pour prendre

connaissance des possibilités qui s'offrent à lui. Il choisit alors la révision qui l'intéresse et décide d'une convergence immédiate ou programmée à une date ultérieure, ce qui lui permet d'attendre la fin de la période d'exploitation de l'OP par les étudiants. Dans tous les cas, c'est le service d'importation qui est sollicité pour accomplir la convergence.

9.7 - Synthèse

Nous avons appliqué avec succès le cycle de vie générique présenté dans la précédente partie et complété l'architecture en renforçant considérablement la démarche de suivi des modules du consortium IEM. Le schéma de métadonnées du vivier de connaissances a tout d'abord été complètement revu pour pouvoir renseigner et diffuser les informations nécessaires :

- l'identification des auteurs a fait place à l'identification des contributeurs ;
- six descripteurs ont été ajoutés aux informations générales ;
- une catégorie complète dédiée aux commentaires a été ajoutée pour pouvoir gérer l'étape de retours d'expériences ;
- enfin, une catégorie complète permet désormais d'identifier les évolutions et dépendances de l'objet pédagogique.

Cet enrichissement des métadonnées autorise désormais le stockage de toutes les évolutions des objets pédagogiques tout au long du cycle de vie.

Le service de représentation des relations remplace avantageusement les fiches de suivi de modules, initialement complétées manuellement. Les différents acteurs impliqués dans la production d'un module identifient rapidement les différentes évolutions d'un OP et même leurs dépendances. Ils obtiennent ainsi une vision globale du processus de production en cours.

Ce service a ensuite été amélioré pour prendre en compte l'ajout d'une nouvelle évolution et surtout le renseignement progressif des métadonnées. Ce dernier, défini de manière générale dans la partie 7.4 pour le LOM, a été adapté pour le nouveau schéma de métadonnées IEM. Les contributeurs du consortium agissent désormais en fonction de leurs compétences qui sont identifiées par leur rôle sur la plate-forme et ne remplissent que les métadonnées qu'ils maîtrisent le plus au moment opportun. La propagation des métadonnées, leur extraction à partir de formats de fichier connus ainsi que la génération automatique de certaines d'entre elles complètent le dispositif pour faciliter le travail d'indexation des évolutions.

Les processus de réingénierie pourront être abordés de manière plus formelle ; l'ajout du service de gestion des commentaires dans l'architecture LOV y contribue. La gestion des rôles dans la plate-forme Moodle a facilité cette implémentation : seul le rôle « expert du domaine » a du être ajouté pour prendre en compte tous les cas de figure. Tous les utilisateurs soumettent des évaluations globales, alors que les enseignants peuvent y ajouter des suggestions d'utilisations et les experts du domaine des évaluations plus fournies. Les évaluations sont qualitatives et/ou quantitatives et donnent des arguments pour enclencher la réingénierie des modules de formation.

Enfin, le service de gestion des évolutions offre aux enseignants une sensibilisation à la demande par rapport aux évolutions des modules de formation intégrés à la plate-forme : la représentation *treemap* et la représentation des relations sont alors sollicitées. Toutes les 24 heures, des notifications par messagerie électronique et par flux RSS garantissent la réactivité nécessaire pour maintenir à jour les cours des étudiants. La convergence est réalisée automatiquement dans les cas les plus simples, ou après décision de l'enseignant éditeur concernant la révision et le moment les plus adéquats.

Actuellement un prototype de ces évolutions a été réalisé, plusieurs bogues ont été identifiés, et une utilisation réelle est en cours.

Pour mieux se rendre compte de l'intérêt du dispositif, le chapitre suivant décrit la mise en place d'un nouveau module de formation, les réactions suscitées par les utilisateurs et les ajustements que nous avons du mettre en place.

Chapitre 10 - Consolidation de la prise en compte du cycle de vie

10.1 - Introduction

Le module de formation « Répartition » fait partie des enseignements de réseaux devant être dispensés à des étudiants de Mastère 2^{ème} année au sein du consortium IEM. Il est particulièrement intéressant d'en étudier le cycle de vie car ce module implique un comité de programme et un comité éditorial, un coordinateur pédagogique, trois auteurs et un chef de projet technique. Il doit de plus être dispensé sur l'ensemble des centres de formation. Ce chapitre présente une expérimentation concrète de notre démarche et de nos services, ainsi que les adaptations que nous avons mises en place pour faciliter le travail des utilisateurs finaux et consolider ainsi la prise en compte du cycle de vie.

10.2 - La production du module de formation

10.2.1 - Aide à la production contextualisée

Pour guider et faciliter le travail des producteurs, nous leur proposons de mettre en place une Interface Homme-Machine (IHM) conviviale composée d'assistants, chacun d'eux étant utilisé dans un contexte précis de la production. La figure 71a montre l'ajout des assistants dans la couche de virtualisation. Le détail de ces assistants est représenté par la figure 71b : ces derniers sont utilisés pour chacune des étapes de la production et sont conçus sous forme de composants qui sont à même de récupérer les informations concernant les acteurs du consortium, qui sont dotés de fonctionnalités de messagerie électronique et qui sont capables de dialoguer avec les *Web Services* du vivier. Chaque acteur dispose d'au moins un assistant pour l'accompagner dans sa mission. Les *Web Services* du vivier de connaissances permettent aux assistants d'échanger les évolutions des objets pédagogiques et leurs métadonnées.

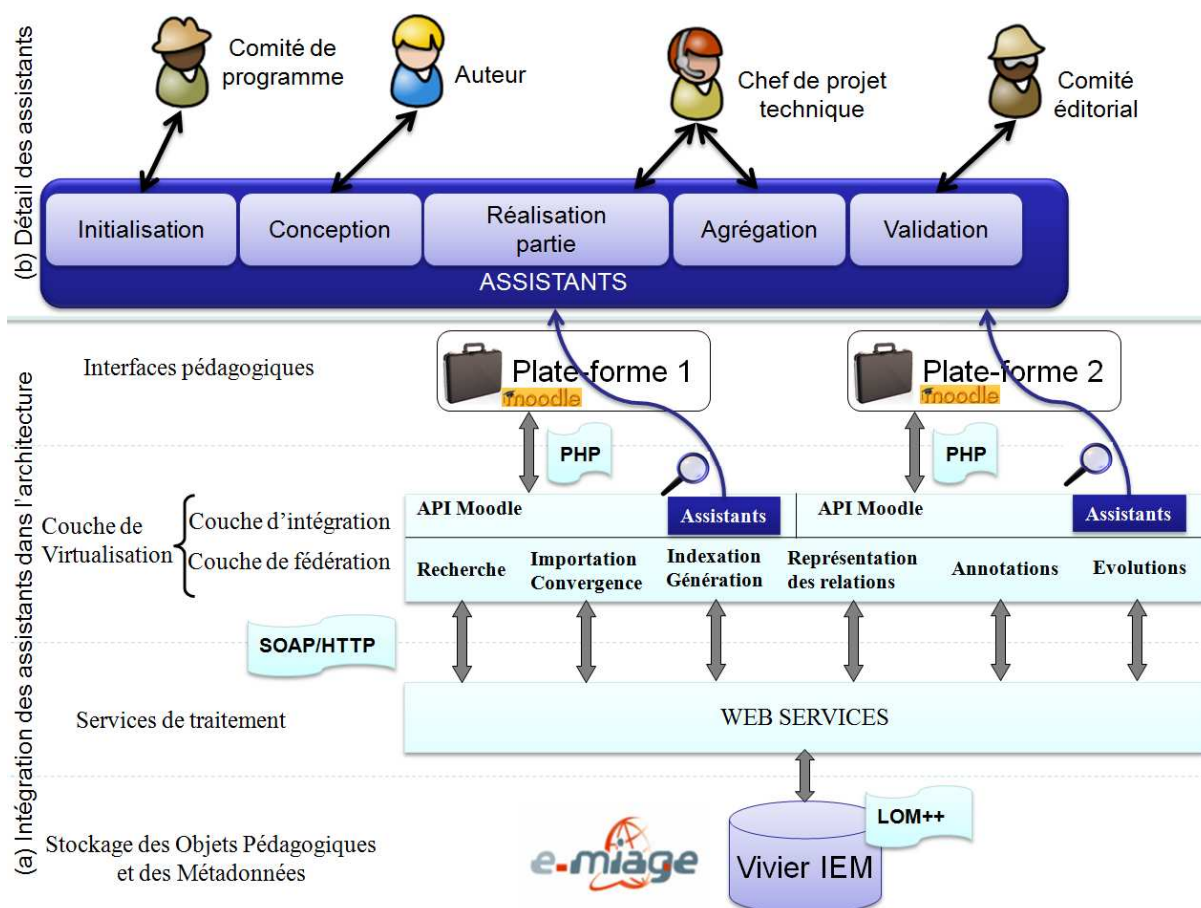


Figure 71. Mise en place des assistants

L'indexation de chaque évolution via les assistants est facilitée car :

- le contributeur (IEM 1.3 et 5.1) est clairement identifié. C'est celui qui s'est authentifié, qui utilise l'assistant et qui dispose des autorisations nécessaires pour le faire (attribution du rôle adéquat dans la plate-forme) ;
- la date de publication (IEM 1.5) correspond à la date d'utilisation de l'assistant ;
- l'état de l'OP (IEM 1.10) est déterminé par le type d'assistant utilisé. Il y en a au moins un par étape de la production ;
- le nom du fichier principal (IEM 4.1), le type de média (IEM 4.2) et l'espace disque nécessaire (IEM 4.4) sont déterminés automatiquement par l'assistant au moment du dépôt du fichier.

10.2.2 - L'assistant d'initialisation

L'initialisation d'un module de formation est l'occasion pour les membres du comité de programmes de définir les objectifs du module, d'affecter des auteurs à la production de ce module et de leur transmettre les instructions dont ils ont besoin pour démarrer la conception.

Pour éviter la double saisie, l'assistant doit être capable de (1) générer les fiches d'instructions à transmettre aux auteurs et (2) stocker ces fiches et les métadonnées associées dans le vivier de connaissances.

C'est un membre du comité de programmes qui prend l'initiative de lancer l'assistant d'initialisation. Dans un premier temps, il doit :

- renseigner le titre (IEM 1.1), les objectifs (IEM 1.4), la discipline (IEM 2.1 à 2.3) et le public cible (IEM 3.1) du nouveau module ;
- choisir parmi les membres du consortium les auteurs qui seront affectés à la production de ce module, et parmi eux le coordinateur pédagogique ;
- définir les parties du module, ce qui revient, pour chacune d'entre elles, à (1) renseigner son titre et ses objectifs et (2) à choisir parmi les auteurs du module ceux qui travailleront sur la partie. Chaque partie du module est considérée comme un nouvel objet pédagogique de granularité plus fine.

Les fiches descriptives du module et des parties sont alors générées au format HTML. Le membre du comité de programmes peut ajouter sur les fiches des informations complémentaires à communiquer aux auteurs.

Dans un second temps, le membre du comité de programmes utilise l'assistant d'initialisation pour déposer les fiches modifiées. La fiche du module est ensuite stockée, comme c'était le cas précédemment, dans le système de gestion de contenus, pendant que l'ensemble des fiches est transmis avec les métadonnées associées au vivier de connaissances. L'annexe 3 correspond à la fiche descriptive du module « Répartition » générée par l'assistant. Les trois chapitres principaux du cours (Web Services, CORBA et JMS) sont affectés pour chacun à un auteur. L'introduction générale, les activités, la bibliographie et l'examen terminal sont affectés à l'ensemble des auteurs. Cette dernière partie ne sera pas diffusée, pour des raisons évidentes de confidentialité, à l'intérieur du module final. La seule utilisation de l'assistant a permis de créer les objets pédagogiques représentés par la figure 72.

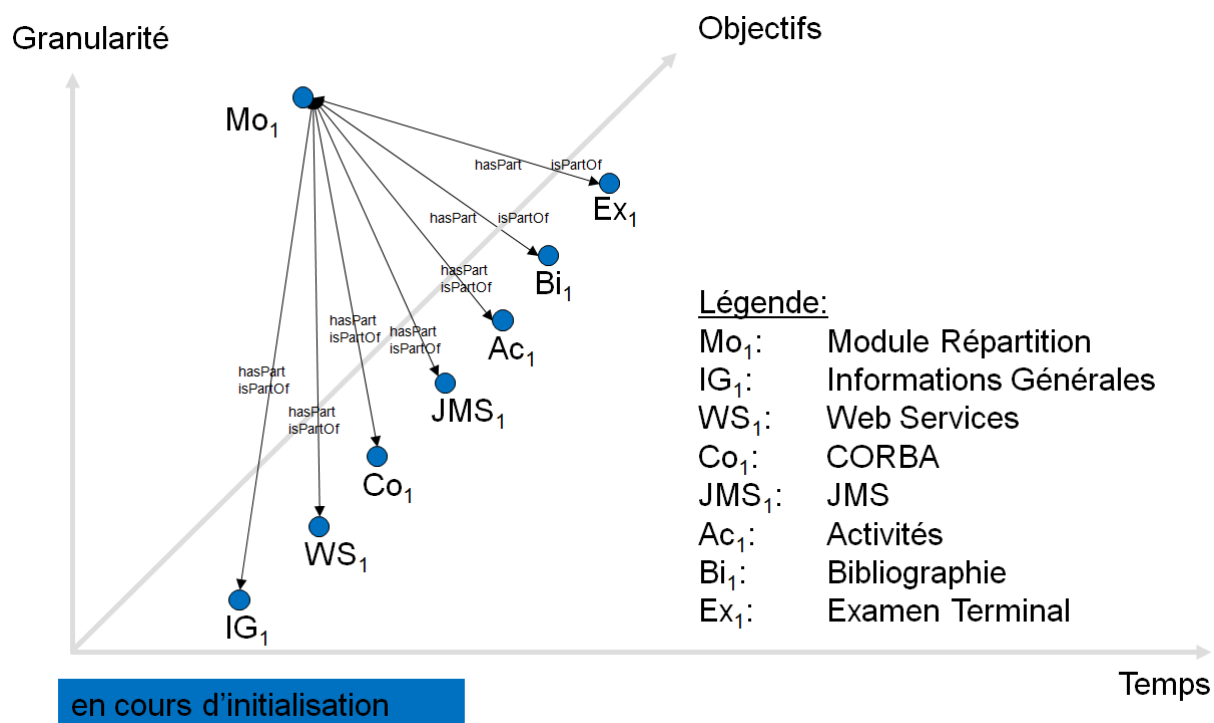


Figure 72. Objets pédagogiques créés par l'assistant initialisation

Les droits d'utilisation ont été définis globalement par le consortium. La granularité est fixée automatiquement à « leçon » et le numéro de version à « 1.0 » compte tenu du contexte d'utilisation de l'assistant.

Enfin, l'assistant sollicite les auteurs par messagerie électronique pour qu'ils commencent la conception des parties qui leur ont été affectées.

L'annexe 4 présente le message électronique envoyé par l'assistant à l'un des auteurs. Il dispose de toutes les informations nécessaires pour (1) comprendre ce qu'on attend de lui au niveau de la conception, (2) identifier les autres auteurs et collaborer avec eux, (3) récupérer un modèle de document qu'il complètera avec le contenu de la partie, et (4) lancer l'assistant de conception concerné une fois qu'il aura défini le contenu de la partie qui lui a été attribuée.

10.2.3 - L'assistant de conception

Durant l'étape de conception, les auteurs complètent, à l'aide d'un traitement de texte, le contenu des parties qui leur ont été affectées à partir du document modèle préalablement chargé. Ce document doit également contenir les instructions destinées au chef de projet pour qu'il procède ensuite à la médiatisation du module et à l'ajout éventuel d'illustrations et d'animations.

Segmentation du module en parties ne veut pas dire ici séparation complète des tâches. Les auteurs, grâce au vivier de connaissances, peuvent consulter et analyser les travaux de leurs collègues.

Le document est ensuite déposé dans le vivier IEM à l'aide de l'assistant de conception, après renseignement préalable de quelques métadonnées : les concepts abordés (IEM 2.4 à 2.6), le type d'interactivité (IEM 3.2), le type de ressource pédagogique (IEM 3.3), la durée d'apprentissage (IEM 3.4), sans oublier les modifications apportées (IEM 1.3.12). L'assistant se charge alors de stocker l'évolution et ces métadonnées dans le vivier et de prévenir l'ensemble des auteurs par messagerie électronique. Chaque auteur dispose alors d'un autre lien pour solliciter de nouveau l'assistant conception et déposer ainsi une nouvelle évolution en cours de conception après avoir renseigné cette fois uniquement les modifications apportées (IEM 1.3.12). Une case à cocher permet d'indiquer la fin de la conception ce qui entraîne l'envoi d'un message électronique au chef de projet technique qui peut alors s'occuper de la médiatisation.

10.2.4 - Les assistants de réalisation

Le chef de projet dispose de deux assistants pour la réalisation.

Le premier est utile pour la médiatisation des parties du module. Après avoir mis en forme le contenu fourni par les auteurs et suivi les consignes de ces derniers, le contenu *web* généré est déposé par le chef de projet sous forme d'archive ZIP après renseignement des modifications apportées (IEM 1.3.12).

Le second assistant n'est utile qu'après la réalisation de toutes les parties. Il permet de choisir celles qu'il faut agréger pour obtenir la réalisation du module, et de générer une archive ZIP contenant toutes les parties sélectionnées.

Actuellement, le chef de projet utilise l'outil *RELOAD Editor*⁹⁰ [Liber et al., 2007] pour créer un paquetage SCORM à partir de l'agrégation fournie par l'assistant. A terme, il est envisagé que l'assistant génère directement le paquetage au format SCORM.

Le paquetage SCORM finalisé est ensuite déposé dans l'assistant qui le transfère au vivier de connaissances après collecte des modifications apportées (IEM 1.3.12) et qui prévient par messagerie électronique les membres du comité éditorial et les auteurs.

⁹⁰ RELOAD : Reusable eLearning Object Authoring & Delivery

RELOAD Editor : éditeur de paquetages SCORM, <http://www.reload.ac.uk/editor.html>

La figure 73 représente les évolutions déposées successivement par les différents assistants. Sur cette figure, l'assistant d'initialisation a été sollicité une fois, puis l'assistant de conception huit fois, l'assistant de réalisation des parties sept fois et enfin l'assistant d'agrégation une fois. L'examen terminal n'a pas été intégré au paquetage final.

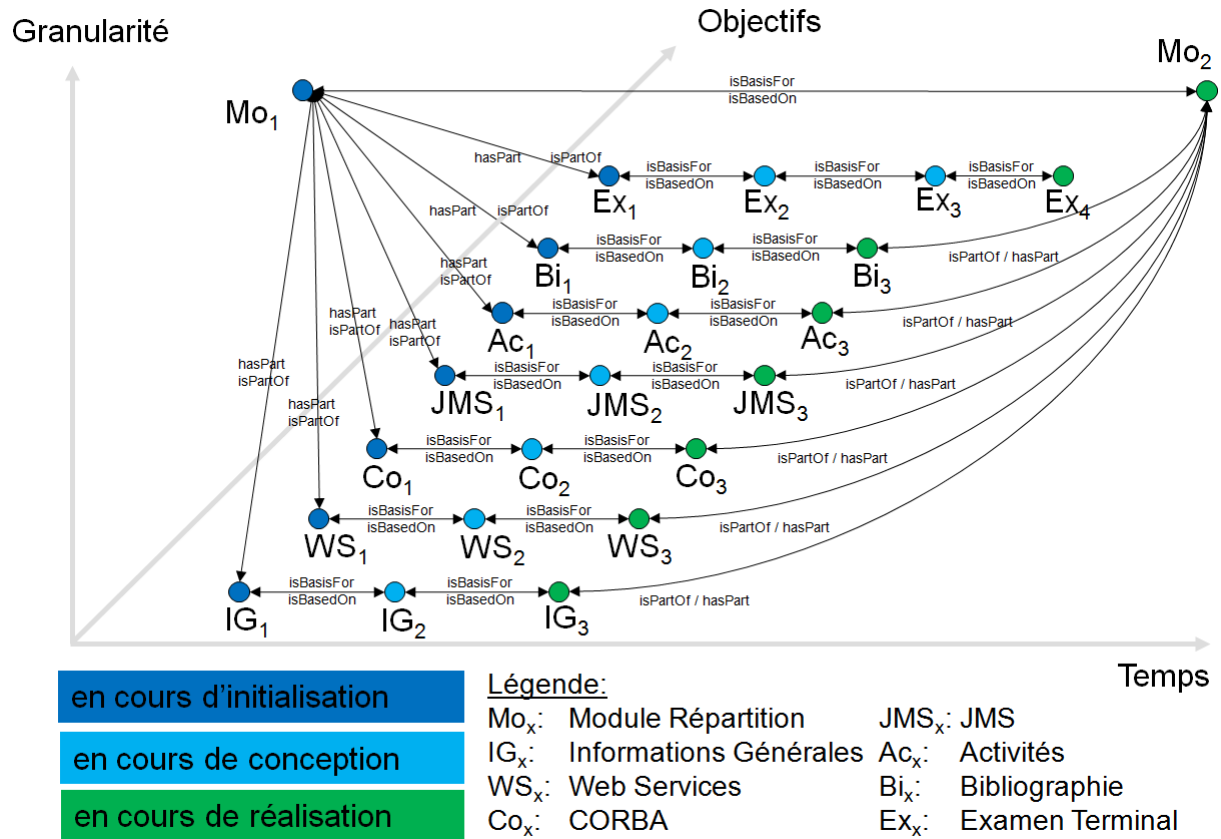


Figure 73. Représentation des relations après la réalisation

Le chef de projet se charge de déployer le module sur une plate-forme pour permettre aux auteurs et aux experts de le tester [Broisin et al., 2006b].

10.2.5 - L'expertise du module

S'agissant d'une expérimentation en cours, menée sur l'année universitaire 2008-2009, la production du module n'est pas complètement finalisée au moment de la rédaction de ce mémoire. Par la suite, les résultats de l'évaluation du module par un expert du domaine pourront, comme indiqué dans la partie 8.3, être collectés depuis la plate-forme de tests et stockés dans le vivier de connaissances.

10.2.6 - L'assistant validation

Les membres du comité éditorial utiliseront alors l'assistant de validation. Seules la date limite de validité (IEM 1.12) et l'importance des modifications (IEM 1.13) devront être

renseignées pour entraîner (1) le stockage et l'indexation du module finalisé dans le vivier et (2) l'envoi d'un message électronique au chef de projet et aux auteurs.

10.3 - De la diffusion à l'exploitation du module de formation

La diffusion est assurée grâce au vivier de connaissances IEM. Grâce à la virtualisation des OP, les responsables pédagogiques peuvent rechercher plus facilement des modules de formation, et les intégrer sur la plate-forme de leur centre de formation (étape de recherche). L'utilisation du standard SCORM facilite le déploiement du module sur la plate-forme. Il ne reste plus pour les apprenants qu'à exploiter l'OP, et pour l'enseignant-tuteur qu'à animer les séances de cours (étape d'utilisation).

10.4 - La réingénierie du module de formation

Le service de gestion des commentaires présenté dans la partie 8.3 va permettre la collecte des indispensables retours d'expériences suite à l'utilisation du module « Répartition. » Le comité éditorial décidera alors d'un retour en conception ou réalisation pour améliorer le module. Un assistant devra les accompagner dans cette tâche : il incrémentera le numéro de version et préviendra par messagerie électronique les auteurs et le chef de projet technique qui continueront à utiliser leurs assistants de conception et de réalisation.

10.5 - Plan d'expérimentation

Les différents services ont été testés sous forme de prototypes au sein de l'équipe de recherche, laquelle compte parmi ses membres plusieurs intervenants du campus International E-Mi@ge. Le bon fonctionnement a pu être vérifié à partir d'objets pédagogiques de test qui ont été insérés dans le vivier. Les retours de ces expérimentations ont été particulièrement utiles, par exemple pour apporter les améliorations suivantes :

- la limitation du nombre d'OP à visualiser lors de l'utilisation de la représentation des relations. Ainsi, l'utilisateur peut choisir de ne visualiser qu'un seul type de relation, ou de limiter les objets affichés aux plus récents (l'utilisateur pouvant réduire ou développer l'affichage à l'aide de symboles "+" ou "-" qui apparaissent à proximité des OP concernés) ;

- la mise en place d'assistants pour améliorer encore la facilité d'utilisation lors du renseignement des métadonnées ;
- la mise en place d'un système d'évaluation globale rapide des OP exploités à l'aide d'étoiles. La rapidité et la facilité d'utilisation de ce système de notation favorisent son utilisation par les évaluateurs;
- l'affichage de l'importance des modifications, ainsi que des modifications apportées par les producteurs de l'OP, dans la représentation des relations pour aider les enseignants éditeurs à faire converger les OP importés dans les plates-formes.

Néanmoins, le passage du prototype à une mise en exploitation, qui permettra de valider de manière plus approfondie les usages auprès des utilisateurs et d'aboutir à un produit d'avantage fini, nécessite du temps. La planification envisagée pour mettre en œuvre les expérimentations nécessaires est représentée par la figure 74.

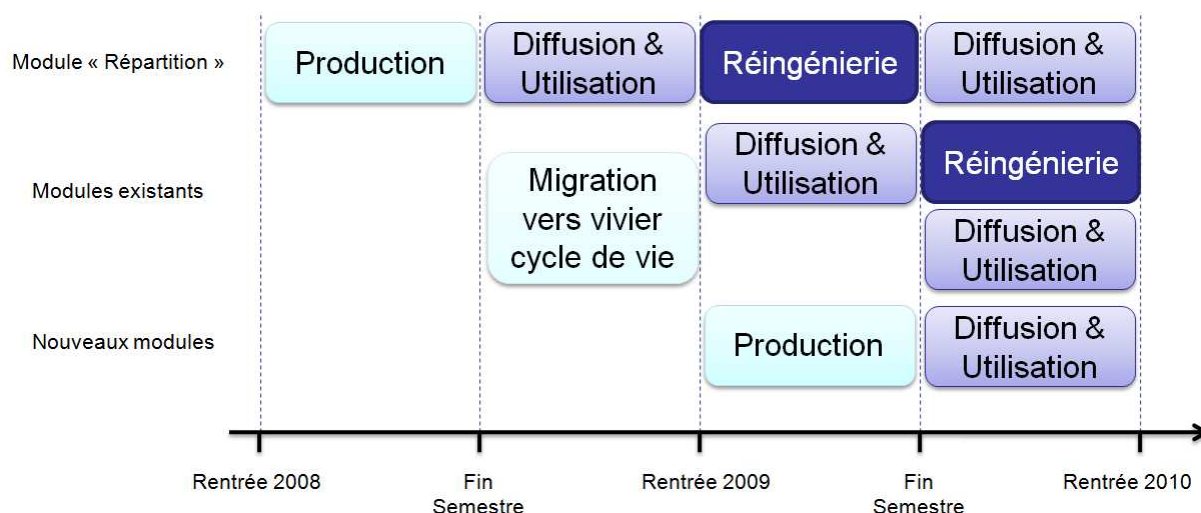


Figure 74. Planification des expérimentations

La production du module « Répartition » n'a pas encore aboutie. Elle doit permettre de valider l'utilisation des assistants, et la propagation des métadonnées. Le module sera diffusé sur les plates-formes des centres d'exploitation et utilisé au prochain semestre. Nous validerons le bon fonctionnement de la virtualisation, et en particulier l'enregistrement des informations liées au déploiement sur les plates-formes. Les premiers retours d'expériences seront collectés à la fin du semestre après l'exploitation du module par les étudiants. L'amélioration du module suivra à la prochaine rentrée universitaire et donnera peut-être lieu à la mise en place de nouveaux assistants (retour en conception, retour en réalisation). Finalement, la mise en exploitation du service de gestion des conflits et des évolutions ne sera réellement pertinente qu'à partir du second semestre de la prochaine année universitaire.

Les 68 modules déjà produits au sein du consortium IEM sont actuellement stockés dans un vivier dont le schéma de métadonnées ne prend pas en compte le cycle de vie. Il faut donc prévoir la migration de ces modules vers le nouveau vivier et définir les relations entre OP : essentiellement les dépendances pédagogiques (prérequis). Les modules pourront alors être déployés et exploités en fonction du semestre où ils sont nécessaires.

La production de nouveaux modules à l'aide des services proposés dans ce mémoire n'est envisagée qu'à partir de la prochaine rentrée universitaire.

Afin de tenir compte de l'avis des utilisateurs, nous avons dans un premier temps mis en place des réunions d'information et de suivi avec les principaux acteurs concernés (responsable IEM, auteurs du module « Répartition »). Pour compléter le dispositif, nous envisageons par la suite :

- l'utilisation de questionnaires d'évaluation et la mise en place d'entretiens ciblés avec les principaux acteurs utilisant les services. Les critères d'évaluation concerneront les fonctionnalités mises en œuvre (répondent-elles aux besoins ?), l'utilisabilité, la qualité de l'IHM (temps d'appropriation nécessaire, interaction, convivialité, ergonomie), et les aspects techniques (performance, fiabilité, stabilité);

- la collecte et l'analyse des traces liées aux activités des différents utilisateurs. Nous pourrions par exemple vérifier la qualité des métadonnées saisies et générées ;

- l'animation de discussions sur la liste de diffusion des participants du consortium International E-Mi@ge (créateurs de contenus, administrateurs, tuteurs...). Cette liste, qui comporte 94 abonnés, constitue un vecteur de communication et de sensibilisation important.

10.6 - Conclusion

Pour guider auteurs et médiateur dans l'indexation de leurs différents travaux lors de la production du module « Répartition », une IHM conviviale et efficace leur a été proposée. Les assistants mis en place représentent une aide à la production contextualisée et réduisent considérablement les données à saisir. Les actions des différents intervenants sont beaucoup plus limitées, plus cadrées et donc plus efficaces. Il n'y a plus de double saisie entre les métadonnées et les fiches de description de module. Les messages électroniques envoyés automatiquement améliorent le travail de groupe : les acteurs prennent maintenant conscience de ce que font les autres. La productivité s'accroît. Les liens transmis dans les messages électroniques font également gagner un temps considérable avec la contextualisation et la traçabilité qu'ils génèrent : un seul clic suffit à lancer le bon assistant et à identifier

l'évolution précédente de l'OP. La répartition des tâches, organisée dès le départ par le comité éditorial, est également plus efficace.

Les assistants montrent toutefois quelques limites. Le point critique est le recours massif à la messagerie électronique : en effet, l'auteur est complètement perdu en cas de perte du message qui lui a été adressé automatiquement. Il ne sait plus comment lancer l'assistant qui le concerne, et surtout, il perd tout le contexte lui permettant d'indexer le fruit de ses travaux. Les auteurs doivent également veiller à ne tenir compte que du message le plus récent. En effet, un appel à l'assistant conception pour une évolution antérieure à la plus récente aurait pour effet indésirable de créer une branche compétitive. Enfin, les assistants ne prennent en charge que les cas de production les plus simples. Il est par exemple nécessaire de faire appel au service de représentation des relations pour ajouter une relation avec un autre objet pédagogique.

Conclusions et perspectives de recherche

Chapitre 11 - Conclusions

11.1 - La formalisation d'une démarche

Les travaux présentés dans ce mémoire s'inscrivent dans un dispositif de formation centré sur les contenus dans lequel évoluent des modules de formation à forte granularité. Si la gestion du cycle de vie de ces modules fait partie des préoccupations du campus numérique International E-Mi@ge, aucune mise en œuvre n'était proposée au départ. Nos travaux ont permis de formaliser la démarche et d'étendre la couverture du cycle de vie. Le consortium est maintenant plus efficace tout au long de ce cycle :

- plusieurs acteurs aux compétences variées et éloignés géographiquement disposent d'outils pour travailler de manière collaborative à la production des modules de formation et pour mesurer la progression de cette production ;
- la virtualisation de l'objet pédagogique favorise sa production, sa diffusion, sa recherche, son intégration et son amélioration;
- les modules réalisés au format SCORM peuvent être utilisés sur des plates-formes pédagogiques variées ;
- la collecte des retours d'expériences depuis les plates-formes d'apprentissage est décisive pour le déclenchement d'un processus de réingénierie qui améliorera l'objet pédagogique ;
- enfin, les contenus de cours sont tenus à jour grâce au service de sensibilisation aux évolutions.

11.2 - L'enrichissement des métadonnées

L'utilisation du standard LOM dans l'environnement informatique mis en place permet de décrire les objets pédagogiques stockés dans les viviers de connaissances. Toutefois, les métadonnées, qui permettent de décrire l'objet pédagogique en suivant les préconisations de ce standard, ne permettent pas de couvrir l'ensemble du cycle de vie. L'ajout de quatre descripteurs et l'utilisation d'un vocabulaire alternatif pour deux descripteurs existants dans les catégories « Cycle de vie » et « Méta-métadonnées », ainsi que la modification de la cible des relations et la refonte de la catégorie « Commentaires » sont nécessaires pour pallier cette lacune.

Pour bénéficier plus largement de ces travaux, les modifications apportées au schéma de métadonnées et aux vocabulaires du standard LOM doivent faire l'objet d'une adoption par consensus à l'échelon international. La norme ISO MLR étant en cours d'élaboration, notre participation aux discussions de l'AFNOR est l'occasion de faire une proposition dans ce sens.

11.3 - Le rôle fédérateur du vivier de connaissances

Notre proposition constitue une solution aux problématiques de gestion de suivi du cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées. Dans le cadre des travaux de l'équipe du laboratoire de communications multimédia de l'Université de Darmstadt [Lehmann et al., 2007], les informations relatives au cycle de vie sont stockées dans un système complémentaire au vivier de connaissances. Dans notre proposition, ce dernier joue un rôle fédérateur tout au long du cycle de vie, tout en devenant de plus en plus transparent des autres systèmes avec la virtualisation de l'objet pédagogique. Il ne garde pas un rôle limité aux objets pédagogiques prêts à l'emploi et les autres évolutions ne sont pas stockées dans un autre système tel qu'un système de gestion documentaire dédié à la production. Ce rôle fédérateur facilite, entre autres, la collecte des retours d'expériences et ouvre d'autres perspectives concernant la production des OP : il est maintenant tout à fait envisageable que plusieurs équipes provenant de plusieurs institutions puissent travailler sur la production d'un même OP dont les évolutions seraient réparties sur plusieurs viviers.

Néanmoins, le rôle fédérateur du vivier le rend indispensable pour suivre l'objet pédagogique dans son cycle de vie. Comment prendre en compte un OP créé par un enseignant éditeur et déposé directement sur la plate-forme ? Techniquement, il est possible avec des méthodes d'indexation automatique d'insérer un OP dans le vivier au moment du dépôt sur la plate-forme et lui permettre ainsi d'être suivi le long de son cycle de vie. Ce procédé pose cependant des problèmes déontologiques et juridiques en contraignant un enseignant à diffuser sa production.

11.4 - Une approche générique

Notre approche a été conçue dans un souci de généricité :

- le cycle de vie de l'objet pédagogique et de ses métadonnées a tout d'abord été caractérisé en partant de l'étude et de l'analyse de multiples initiatives internationales. Cette représentation générique peut s'appliquer à n'importe quelle situation ;

- les standards LOM, SQI et SCORM, utilisés dans le dispositif, sont largement reconnus au niveau international. Le LOM garantit la généricité de la description de l'objet pédagogique, SQI permet de faire des recherches de module de formation indépendamment du type de vivier de connaissances utilisé, et SCORM facilite l'intégration et l'utilisation des ressources pédagogiques tout en étant indépendant des plates-formes utilisées ;

- enfin, un service tel que la représentation des relations sert à la fois (1) à mesurer la progression de l'OP dans son cycle de vie et (2) à sensibiliser les enseignants aux modifications apportées dans les évolutions des OP intégrés aux cours. La conception de ce service ainsi que du service de sensibilisation aux évolutions, sous forme d'animation *Flash™*, communiquant directement avec les *Web Services* du vivier de connaissances, en fait des composants réutilisables et facilement adaptables.

11.5 - L'adoption de la démarche par les utilisateurs

Le succès et l'efficacité de notre dispositif dépend beaucoup de la motivation et de la participation des utilisateurs. S'ils sont rapidement convaincus de la démarche, ils ne sont pas prêts à accepter une mise en œuvre rébarbative et bureaucratique. Tout doit être mis en œuvre pour leur faciliter la tâche.

Le renseignement progressif des métadonnées favorise la fiabilité et la qualité des informations recueillies en ne confiant au meilleur moment qu'une quantité limitée de descripteurs à la personne la plus qualifiée pour pouvoir les renseigner. Associé à un mécanisme de propagation des valeurs de métadonnées issues des évolutions précédentes, ainsi qu'aux mécanismes d'extraction et de génération automatique des métadonnées, le renseignement progressif est largement facilité et permet de couvrir l'ensemble des métadonnées. Les assistants offrent une aide à la production contextualisée grâce à une IHM conviviale, une simplicité d'utilisation et une quantité de métadonnées à renseigner devenant très faible.

La virtualisation des objets pédagogiques facilite grandement le travail de diffusion et de recherche en permettant aux différents acteurs impliqués de n'utiliser qu'une seule interface, à savoir celle de la plate-forme pédagogique. Elle sert également de base à la collecte des retours d'expériences depuis la plate-forme et garantit aux enseignants et aux étudiants de bénéficier des processus de réingénierie pour avoir des cours à jour. Finalement, l'utilisation du vivier de connaissances devient de plus en plus transparente tout au long du cycle de vie ce qui simplifie la vision qu'ont les utilisateurs du système qu'ils utilisent.

La représentation 3D des relations est un élément important de mesure de la progression des objets pédagogiques dans leur cycle de vie. Au lieu de contraindre les auteurs à parcourir manuellement les métadonnées stockées dans les viviers, notre approche récupère récursivement les relations appropriées pour fournir une vue globale de toutes les évolutions et de toutes les dépendances d'un OP spécifique :

- les évolutions sont représentées par ordre chronologique et l'étape du cycle de vie est clairement reconnue ;
- les branches compétitives, les changements de format, les processus de segmentation ou d'agrégation sont clairement identifiés.

Les annotations sont soumises et peuvent être récupérées dans le système au moment où elles sont les plus pertinentes. Elles peuvent provenir de viviers de connaissances variés et être utilisées dans de multiples plates-formes pédagogiques. Les statistiques de MERLOT nous laissent confiants dans l'adoption de ce système par les utilisateurs compte tenu de l'abondance des expertises par les pairs et des commentaires des utilisateurs dans ce vivier.

Enfin, notre dispositif sensibilise les enseignants et les responsables de formation aux divergences des objets pédagogiques une fois leur intégration dans une plate-forme d'apprentissage réalisée, sans qu'ils aient le besoin d'aller parcourir régulièrement les métadonnées des évolutions des objets pédagogiques concernés directement dans les viviers de connaissances. Notre proposition assure le contrôle de la collaboration entre producteurs et utilisateurs finaux. Les techniques de visualisation ont été mises en place et donnent une vision globale de la situation, pendant que des systèmes de notification rendent les enseignants plus réactifs ; les étudiants bénéficient de ce système avec des contenus tenus à jour.

Chapitre 12 - Perspectives de recherche

Nos travaux font l'objet de multiples perspectives de recherche. Ce dernier chapitre présente les principales.

12.1 - Une propagation des métadonnées étendue

Ce mémoire n'a traité le processus de propagation des métadonnées que sur l'axe Temps, d'une évolution à la suivante. Il s'agit dans nos futurs travaux d'étudier la propagation sur l'axe Objectif : quelles métadonnées peuvent se propager pour un OP, relié par une relation du type « *reference/isReferencedBy* », partageant ainsi un sujet commun ? Quelles métadonnées peuvent se propager lorsqu'un auteur, en désaccord avec ses collègues, crée une branche d'évolutions compétitive ? Que se passe t-il en cas de modification de format de l'OP, ou en cas d'adaptation culturelle de ce dernier ?

D'autres perspectives de ces travaux s'intéressent à l'héritage sur l'axe représentant le niveau d'agrégation. Lorsqu'une répartition du travail entre plusieurs acteurs se produit, de nouveaux objets pédagogiques de niveau d'agrégation inférieurs sont créés ; de quelles métadonnées peuvent hériter ces nouveaux OP ?

Enfin, un OP donné peut présenter des relations multiples avec plusieurs autres OP, ce qui implique des conflits de propagation. Nous devons alors être capables d'éviter la propagation de données redondantes, d'identifier clairement les conflits, et enfin de mettre en œuvre un arbitrage.

12.2 - Une meilleure exploitation des commentaires

Les utilisateurs renseignent des types de commentaires différents en fonction de leur rôle. Les évaluations quantitatives peuvent être utilisées en attribuant des poids différents selon leurs types pour améliorer le processus de sélection des objets pédagogiques. De plus, il serait utile d'adapter les critères d'évaluations au type d'objet pédagogique. En effet, une présentation assistée par ordinateur peut être évaluée de manière différente qu'un sujet de

travaux pratiques. Des critères spécifiques pourraient ainsi être définis pour chaque type d'OP.

De plus, certains systèmes permettent aux enseignants et aux apprenants de faire des commentaires directement sur les documents pendant leurs diverses activités pédagogiques. Nous pourrions encourager les utilisateurs à faire des commentaires *in situ* et les prendre en compte dans notre dispositif. Néanmoins, du temps est nécessaire pour évaluer un OP dans sa globalité, alors qu'un commentaire concernant une image ou un paragraphe peut être obtenu durant la lecture [Marshall, 1997].

Enfin, les commentaires des apprenants pourraient avoir une application différente du processus de réingénierie. En effet, ils constituent la base d'une activité contribuant à leur processus d'apprentissage.

12.3 - Etendre la sensibilisation aux divergences

La représentation *treemap* permet d'identifier rapidement les OP intégrés à la plate-forme qui divergent avec les évolutions stockées dans le vivier. Lorsque les enseignants regardent deux semaines plus tard cette représentation, il serait utile de connaître ce qui a changé dans l'intervalle. Comment la divergence a-t-elle évolué ? Le même raisonnement peut être appliqué à la représentation des relations : un système d'historique pourrait fournir des fonctionnalités d'annulation et de répétition [Ripley et al., 2007]. Les fonctionnalités d'annulation seraient particulièrement utiles dans le cas d'une divergence d'objets pédagogiques dépendants.

Nos travaux sont restreints au processus d'importation des objets pédagogiques par les enseignants et les responsables de cours dans une plate-forme d'apprentissage. Ces mécanismes de sensibilisation pourraient intéresser également les membres du comité de pilotage qui souhaiteraient avoir une vision globale des divergences concernant l'ensemble des plates-formes du campus numérique. Cette structure hiérarchique étendue implique la récupération d'informations à la fois dans le vivier de connaissances et dans l'ensemble des plates-formes. Elle mettrait en évidence un nouveau type de divergence : le retard dans ces mises à jour d'un centre d'exploitation par rapport aux autres.

12.4 - Déploiement à grande échelle

Une fois que les développements réalisés pour le campus numérique International E-Mi@ge seront stabilisés, nous envisageons un déploiement à plus grande échelle. Les développements concernant la plate-forme Moodle s'intègrent facilement sous forme de

modules et ne nécessitent pas de modification du code source d'origine de Moodle 1.9. Des contacts sont en cours entre la fondation ARIADNE et le siège de Moodle pour faciliter l'adoption de ce module par la communauté d'utilisateurs. Nous restons attentifs à la mise en œuvre d'une API chargée de l'interconnexion avec les viviers de connaissances prévue pour la future version 2.0 de Moodle⁹¹. Enfin, nos travaux seront proposés aux partenaires du réseau mondial GLOBE⁹².

12.5 - L'enchaînement des étapes

L'enchaînement des étapes de notre représentation générique, bien qu'élaborée à partir de multiples initiatives internationales, peut faire l'objet de modifications dans un cadre applicatif donné. Par exemple, le déclenchement de l'étape de classification n'est nullement tributaire de la fin de la réalisation. La classification pourrait très bien trouver sa place juste après la conception ; objectifs, disciplines et concepts ayant été définis. L'utilisation de graphes permettrait la mise en place de plusieurs enchaînements possibles.

12.6 - Les OP de granularité fine

La répartition du travail, le partage des tâches, entre plusieurs acteurs impliquent des opérations de segmentation puis d'agrégation. Les objets pédagogiques créés, avec des niveaux d'agrégation plus petits, suivent leur propre cycle de vie. Mais toutes les étapes sont-elles nécessaires ? Dans tous les cas ? Ne va-t-on pas créer un goulot d'étranglement avec la systématisation de la validation de « petits » objets pédagogiques tels que des images ou des morceaux de textes par le comité éditorial ? Dans la mesure où la réutilisabilité des objets pédagogiques croît quand les niveaux d'agrégation sont de plus en plus petits [MASIE Center, 2003], nous devons apporter des réponses à ces différentes questions.

12.7 - L'industrialisation de la formation

Enfin, évoquer la notion de cycle de vie pour un objet pédagogique revient à entrer de plain-pied dans le concept d'industrialisation de la formation [Moeglin, 1998], à adapter au contexte éducatif les méthodes issues de l'industrie qui ont introduit par exemple le cycle de vie du logiciel ou le cycle de vie d'un produit.

⁹¹ http://docs.moodle.org/en/Development:Repository_API

⁹² GLOBE : Global Learning Objects Brokered Exchange

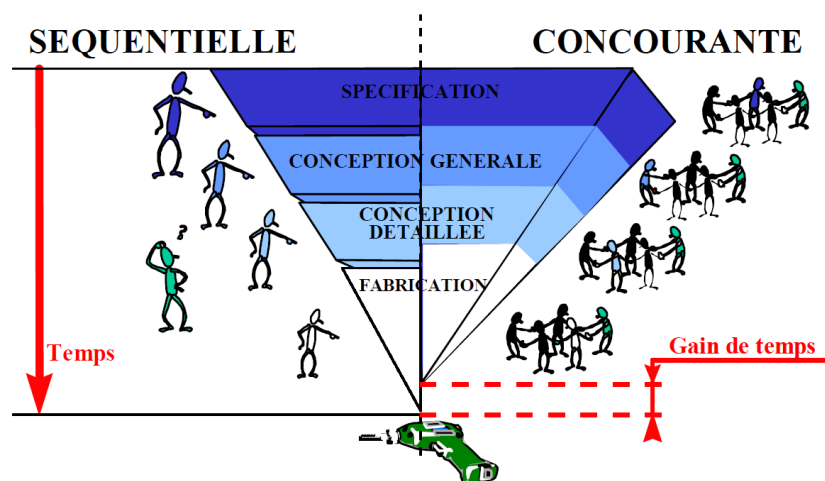


Figure 75. Du séquentiel au simultané par l'organisation des acteurs [Marsot, 1975]

Le monde éducatif ne va-t-il pas être lui aussi aspiré dans la spirale de réduction des délais de mise à disposition d'un produit sur le marché ? Nous verrons alors apparaître des méthodes d'ingénierie concurrente [Marsot, 1975], représentée par la figure 75, ou d'ingénierie simultanée [Decreuse & Feschotte, 1998], dans lesquelles les acteurs intervenant dans les différentes étapes travaillent ensemble, éclatent la structure séquentielle du cycle de vie, et s'orientent vers un parallélisme partiel en enclenchant une étape avant que celle dont elle dépend ne soit entièrement achevée.

Bibliographie

Nombre de références bibliographiques : 112

ADL, “SCORM: Sharable Content Object Reference Model Information”, Advanced Distributed Learning, 2004, disponible à l’adresse <http://www.adlnet.org/>.

AFNOR, « Technologies de l’information pour l’éducation, la formation et l’apprentissage – Profil français d’application du LOM (LOMFR) – Métadonnées pour l’enseignement », 2006, Norme NF Z76-040.

Allègre C, Berlinguer L, Blackstone T, Ruettgers J, 1998, « Harmoniser l’architecture du système européen d’enseignement supérieur », 2p.

Arapi P., Moumoutzis N., Christodoulakis S., « ASIDE : An Architecture for Supporting Interoperability between Digital Libraries and E-Learning Applications », IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’06), 2006, p. 257-261.

ARCADE, « Cycle de vie d’un objet pédagogique », Site web présentant les travaux de l’équipe ARCADE, Laboratoire CLIPS, Fédération IMAG, 2005, <http://www-clips.imag.fr/arcade/thematique/CycleVie/>

Azouaou F., Desmoulins C., « A Flexible and Extensible Architecture For Context-Aware Annotation in E-Learning », The 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’06), 2006, pp. 22-26.

Barrit C., Lewis D., « Reusable learning object strategy, definition, creation process, and guidelines for building », rapport technique, CISCO Systems, Inc., 1999.

Baumgartner P., « The ROI Paradox », Keynote Presentation, Gesellschaft für Medien in den Wissenschaften Conference, Autriche, 2004.

Boari, M., Lodolo, E., Monti, S., Pasini, S., « Middleware for Automatic Dynamic Reconfiguration of Context-Driven Services ». 11th IEEE Symposium on Computers and Communication, pp. 781 – 788, IEEE Press (2006)

Bork A., « Transferability of computer-based learning », Rapport interne, Physics Computer Development Project, University of California, 1977.

Boskic, N., « Learning Objects Design: What do Educators Think about the Quality and Reusability of Learning Objects? », International Conference on Advance Learning Technologies (ICALT), 2003, 2p.

Bouchet X., Gillarès-Calliat H., « SAN et NAS – Solutions de stockage, sécurité, infrastructures », Dunod, 2002, 210 p., ISBN : 2-10-005404-X

Bourda Y., « Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ? » Actes du congrès GUTenberg, 2001, pp. 71-79.

Bretzke H., Vassileva J. (2003). Motivating Cooperation on Peer to Peer Networks. 9th International Conference on User Modeling, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2702/2003, pp. 218-227, ISBN: 978-3-540-40381-4

Broisin J., Demers B., Alibert A., Marquie D., Baqué P., Vidal P., Sidir M., Cochart G.M., « Serveur de Contenu e-Mi@ge pour une Exploitation Pédagogique Distribuée », Actes du colloque Miage et e-Mi@ge, Marrakech, Maroc, 2004.

Broisin J., « Un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain au Service de la Virtualisation et de la Gestion des Objets Pédagogiques », thèse, Université Paul Sabatier Toulouse 3, 2006.

Broisin J., Vidal P., « Une approche conduite par les modèles pour le traçage des activités des utilisateurs dans des EIAH hétérogènes », Revue STICEF, Volume 14, ISSN : 1764-7223, 2007.

Broisin J., Vidal P., « Un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain au Service de la Virtualisation des Objets Pédagogiques », Revue STICEF, Volume 12, ISSN : 1764-7223, 2005.

Broisin J., Vidal P., Baqué P., Duval E., "Sharing and Re-Using Learning Objects: Learning Management Systems and Learning Objects Repositories", EDMEDIA 2005, Montreal, 2005, pp. 4558–4565.

Broisin J., Vidal P., Marquie D., Catteau O., "The International E-Miage project: from an Isolated Framework to an Architecture Based on Learning Standards", E-learning on Telecommunications (ELETE), 2006, 6p.

Brooks C., Cooke J., Vassileva J., « Versionning of Learning Objects », IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03), 2003, 2p.

Cardinaels K., Duval E., 2003, Composite Learning Objects: Exposing the Components, Proceedings of the 3rd Annual ARIADNE Conference, p. 1-7.

Cardinaels K., Meire M., Duval E., 2005, Automating metadata generation: the simple indexing interface, 14th International Conference on World Wide Web, p. 548-556, ISBN:1-59593-046-9.

Card, S. K., Mackinlay, J. D., Schneiderman, B. (1999), « Readings in Information Visualization: Using Vision to Think », Morgan Kaufmann Publishers, 1999, ISBN: 1-55860-533-9.

Carroll, J.M., Neale, D.C., Isenhour, P.L., Rosson, M.B., McCrickard D.S., « Notification and Awareness: synchronizing task-oriented collaborative activity ». International Journal of Human-Computer Studies.vol. 58, n° 5, pp. 605 – 632, Academic Press (2003)

Catteau O., Vidal P., Broisin J., "A 3D Representation of Relationships between Learning Objects". Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications

(EDMEDIA 2007), Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), p. 4262-4271, juin 2007.

Catteau O., Vidal P., Broisin J., « A Generic Representation Allowing for Expression of Learning Object and Metadata Lifecycle », IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), 2006, p. 30-33.

Catteau O., Vidal P., Broisin J., « A Service Providing Awareness of Learning Object Evolutions in a Distributed Environment », European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL), LNCS 5192, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, p. 74-85.

Catteau O., Vidal P., Broisin J., « Gestion du cycle de vie au sein du LOM et de ses profils d'application », Actes de la conférence TICE 2006, ISBN : 978-2-9527275-0-1.

Catteau O., Vidal P., Broisin J., Marquié D., Maraval P., Baqué P. « De la production à la diffusion d'objets pédagogiques : une approche collaborative standardisée. » E-prospectives et territoires de la connaissance (Les journées de THOT 2006), Albi, octobre 2006.

Catteau O., Vidal P., Broisin J., « Learning Object Virtualization Allowing for Learning Object Assessments and Suggestions for Use », IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2008), 2008, p. 579-583.

Catteau O., Vidal P., Marquié D., Broisin J., « Production et gestion collaboratives d'objets pédagogiques dans le cadre d'un dispositif international de FOAD », Revue Distances et Savoirs. Nouveaux territoires de la connaissance. Chemins et perspectives. Sous la direction d'Yves Ardourel, Chantal D'Halluin et Martine Vidal, 2007, vol 5, n° 2, p. 201-230

Catteau O., Vidal P., Noury F., Broisin J., « Renseignement et héritage de métadonnées. Renseignement progressif et héritage des métadonnées d'un objet pédagogique à partir de ses révisions successives. », Actes de la conférence Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH'07), 2007, p. 65-70, ISBN : 978-2-7342-1088-7.

Celebrate, 2003, Celebrate Application Profile, version 1.1, 68p., visité le 18/02/2006 : http://goedel.uiah.fi/projects/calibrate/attachment/wiki/MetadataStandards/CELEB_app_profile.pdf

CEN/ISSS, « CWA 15454 : A Simple Query Interface Specification for Learning Repositories », 2005, 27 p., disponible à l'adresse <ftp://ftp.cenorm.be/PUBLIC/CWAs/e-Europe/WS-LT/CWA15454-00-2005-Nov.pdf>

Cochard G.M., Marquie D., « An e-learning version of the French higher Education Curriculum 'Computer Methods for the Companies Management' », 18th IFIP World Congress Computer, 2004, pp 557-572.

Coit C., Stöwe K., « Peer Review for Life », International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), 2006, 3p.

CREPUQ, Novasys inc., 2003, « La description normalisée des ressources : vers un patrimoine éducatif », NORMETIC, version 1.0, 131 p.

Crozat S., « Eléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques », thèse, Université de Technologie de Compiègne, 2002, 166 p.

Decreuse C., Feschotte D., « Ingénierie simultanée », Techniques de l'Ingénieur, dossier A5310, 1998, http://www.techniques-ingenieur.fr/dossier/ingenierie_simultanee/A5310.

De La Passardiere B., Jarraud P., « ManUeL, un profil d'application du LOM pour C@mpusSciences », revue Sticef , Recueil 2004, vol.11, p. 11-57, ISBN : 2-7342-1000-2.

De La Passardière, B., Jarraud, P., « LOM et l'indexation de ressources scientifiques. Vers de bonnes pratiques pour l'Université en Ligne », Actes de la conférence EIAH 2005, 12p., ISBN : 2-7342-0999-3.

Détienne, F., « Collaborative design: managing task interdependencies and multiple perspectives ». In: Interacting With Computers, vol. 18, n° 1, pp. 1 – 20, Elsevier (2006)

DOC'INSA, « Schéma LOM pour l'INSA de Lyon », Animation du Campus Ouvert de l'académie de Lyon (ANCOLY), 8p., 2004, http://www.ancoly.net/normesetstandards/docs/LOM_INSA.pdf

Donath J. (2002). « A semantic approach to visualizing online conversations ». Communications of the ACM, vol. 45 n. 4, avril 2002, pp. 45-49, ISSN: 0001-0782.

DGTRE (Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Energie), Région Wallone, « Illustration du 'cycle de vie' d'un produit ou service multimédia », Portail des technologies et de la recherche, 1998, <http://mrw.wallonie.be/dgtre/fiches/illu-met.htm>

Dublin Core Metadata Initiative, 2008, DCMI Metadata Terms, <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>

Duval E., Forte E., Cardinaels K., Verhoeven B., Van Durm R., Hendrikx K., Wentland Forte M., Ebel N., Macowicz M., Warkentyne K., Haenni F., « The Ariadne Knowledge pool system », Communications of the ACM, vol. 44, n° 5, 2001, p. 72-78

Duval E., Hodgins W., Sutton S., Weibel S.L., « Metadata principles and practicalities », D-Lib Magazine, vol. 8, n° 4, 2002, ISSN : 1082-9873

Duval E., Smith N., Van Coillie M., « Application Profiles for Learning », IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06), 2006, p. 242-246.

El-Bishouty, M.M., Ogata, H., Yano, Y., « Learner-Space Knowledge Awareness Map in Computer Supported Ubiquitous Learning ». In: 4th IEEE International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, pp. 116 – 120, IEEE Press (2006)

Friesen N., Fischer S., Roberts A., Hesemeier S., Habkirk S., « Lignes directrices de CanCore Version 2.0 : Catégorie Cycle de Vie », 2003, 20 pages, http://www.cancore.ca/lignes_directrices/02_Cycle_de_vie_2.0.pdf

Gebers E., Arnaud M., « Standards et suivi des apprenants. Possibilités offertes pour le suivi des activités des apprenants par les standards du e-learning. », Distances et savoirs, volume 2, numéro 4, 2004, p. 451 à 485, ISBN : 2-7462-1228-5.

Gehring, E.F., « Building resources for teaching computer architecture through electronic peer review », Workshop on Computer Architecture Education, 2003, 8p.

Ghezzi C., Jazayeri M., Mandriloi D., « Fundamentals of Software Engineering », 2nd edition, Prentice Hall, 2003, 624 p., ISBN 9780133056990.

Gomez de Regil R.M., « Etude pour la mise en place d'un entrepôt d'objets pédagogiques à l'INSA de Lyon », Rapport de stage DESS Ingénierie Documentaire, ENSSIB, 2003, 67 p.

Grandbastien M., Chartron G., Gauthier G., Thivierge R., « Normes et standards », Distances et savoirs, volume 2, numéro 4, 2004, ISBN : 2-7462-1228-5.

Grandbastien M., « Premiers pas dans le monde des standards pour la formation en ligne. Paradoxes, défis et propositions. », Distances et savoirs, volume 2, numéro 4, 2004, p. 395 à 408, ISBN : 2-7462-1228-5.

Greenberg J., « Metadata and the World Wide Web », Encyclopedia of Library and Information Science, vol. 72, n° 35, pp. 244-261, 2002.

Guin D., Trouche L., « Des scénarios pour et par les usages », dir. Pernin J.P. et Godinet H., Actes du colloque Scénarios 2006, p. 77-82, <http://www.inrp.fr/archives/colloques/scenario2006/>

Gutwin, C., « Workspace Awareness in Real-Time Distributed Groupware ». PhD Thesis, University of Calgary, Canada (1997)

Hedberg B., « How Organizations learn and unlearn. », Handbook of Organizational Design, P.C. Nystrom & W.H. Starbuck Eds, Oxford University Press, 1981, p. 3-27.

Hodgins W., « The Future of Learning Objects », ECI Conference on e-Technologies in Engineering Education: Learning Outcomes Providing Future Possibilities, 2002, 8p.

IEEE-LTSC, “1484.12.1-2002 IEEE Standard for Learning Object Metadata”, 2002, 40p., ISBN: 0-7381-3297-7

IFLA, 2000, IFLA Universal Bibliographic Control and International MARC Core Programme (UBCIM), UNIMARC Manual: Bibliographic Format 1994, APPENDIX C: Relator Code, 10p. , <http://www.ifla.org/VI/3/p1996-1/appx-c.htm>

IMS Global Learning Consortium Inc., « Learning Design Specification », 2003, <http://www.imsproject.org/learningdesign/>

Klerkx J., Duval E., Meire M. (2004). « Using information visualization for accessing learning object repositories », Eighth International Conference on Information Visualisation, 2004, pp. 465-470, ISBN: 0-7695-2177-0.

Koper R., « From change to renewal: Educational technology foundations of electronic learning Environments », Open University of the Netherlands, 2000, 41 p.

Kumar, V., Nesbit, J., Han, K., « Rating Learning Object Quality with Distributed Bayesian Belief Networks: the why and the how », International Conference on Advance Learning Technologies (ICALT), 2005, 3p.

Lehmann L., Hildebrandt T., Rensing C., Steinmetz R., « Capturing, Management and Utilization of Lifecycle Information for Learning Resources », Second European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2007, Springer, p. 187-201, ISBN 978-3-540-75194-6.

Lejeune A., « IMS Learning Design. Etude d'un langage de modélisation pédagogique. », Distances et savoirs, volume 2, numéro 4, 2004, p. 409 à 450, ISBN : 2-7462-1228-5.

Liber O., Beauvoir P., Sharples P., Milligna C., « Reusable eLearning Object Authoring & Delivery (RELOAD) », <http://www.reload.ac.uk/>

Marshall, C.C., « Annotation: from paper books to the digital library », 2nd ACM Conference on Digital Libraries, 1997, 10p.

Marsot J., « Conception et ergonomie (méthodes et outils pour intégrer l'ergonomie dans le cycle de conception des outils à mains) », Notes scientifiques et techniques de l'Institut National de Recherche et de Sécurité, Rapport 20021975, n° 219, 1975, ISSN : 0397-4529

MASIE Center eLearning Consortium, « Making Sense of Learning Specifications & Standards : A Decision Maker's Guide to their Adoption », 2nd Edition, 2003, 86p., http://www.masie.com/standards/s3_2nd_edition.pdf

Mazza, R., Dimitrova, V. (2004). Visualising Student Tracking Data to Support Instructors in Web-Based Distance Education, 13th international World Wide Web conference, 2004, Association for Computing Machinery, pp. 154-161, ISBN: 1 58113 912 8.

McMartin F., Wetzel M., Hanley G., « Ensuring Quality in Peer Review », Joint ACM/IEEE Conference on Digital Libraries (JCDL), 2004, 1p.

Moeglin P. (dir), « L'industrialisation de la formation. Etat de la question. », 1998, CNDP, Paris.

Molli P., Skaf-Moli H., Bouthier C., « State Treemap: an Awareness Widget for Multi-Synchronous Groupware ». In: Seventh International Workshop on Groupware, pp. 106 –114. IEEE Press (2001)

Najjar J., Duval E., « Mapping between ARIADNE and LOM », 2003, 5p, téléchargé le 14/10/2005, <http://www.ariadne-eu.org/common/docs/MappingBetweenAriadneAndLomV1.pdf>

Nelson T.H., « Complex information processing: A File Structure for the Complex, the Changing and the indeterminate », ACM 20th national conference, 1965, pp. 84-100.

Nilsson M., Naeve A., Duval E., Johnston P., Massart D., « Harmonization of Metadata Standards », Network of Excellence in Professional Learning PROLEARN, Deliverable D4.7, 2008, 20 p.

NISO, « Understanding Metadata », NISO Press, 2004, ISBN: 1-880124-62-9, <http://www.niso.org/>

Open Computer Library Center, « Dewey Decimal Classification », 2007, <http://www.oclc.org/dewey/>

Pahl, C., « Managing evolution and change in web-based teaching and learning environments ». In : Computers and Education, vol. 40, n° 3, pp 99 – 114. Elsevier Science (2003)

Pernin J.P., Lejeune A., « Dispositifs d'Apprentissage Instrumentés par les Technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios. », TICE 2004, 8p.

Pernin J.P., « Normes et standards pour la conception, la production, et l'exploitation des EIAH », Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Traité IC2 Information Commande Communication, 2006, chapitre 9, p. 201-222, ISBN : 2-7462-1171-8

Pernin J.P., « Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ? » In : Sciences et Techniques Educatives, Hors Série 2003 « Ressources numériques, XML et éducation », 2003, pp. 179-210

Polsani P., « Use and Abuse of Reusable Learning Objects ». In : Journal of Digital Information, Volume 3, Issue 4, Article n° 164, 2003, <http://jodi.tamu.edu/Articles/v03/i04/Polsani/>.

Preston, J.A., « Rethinking Consistency Management in Real-Time Collaborative Editing Systems ». PhD thesis, Georgia State University (2007)

PROLEARN, « Content Production Workflows, Authoring and Integration into IMS LD approaches and adaptative environments », Deliverable D6.6, Work Package « Business Models, Processes & Markets », European Sixth Framework Project, 2007.

PROLEARN, « SPI – The Simple Publishing Interface », Deliverable D4.8, Work Package « Learning Objects, Metadata and Standard », European Sixth Framework Project, 27 p., 2008.

Rebai I., Labat J.M., « Un outil d'aide à la création de profils d'application », Actes de la conférence TICE 2006, 5p., 2006, ISBN : 978-2-9527275-0-1

Ripley, R.M., Sarma, A., Van Der Hoek, A., « A visualization for Software Project Awareness and Evolution ». 4th IEEE International Workshop on Visualizing Software for Understanding an Analysis, IEEE Press (2007)

Sarasa Cabezuelo, A.S., Dodero Beardo, J.M., « Towards a Model of Quality for Learning Objects », International Conference on Advance Learning Technologies (ICALT), 2004, 4p.

Simard C., « La normalisation de la formation en ligne : enjeux, tendances et perspectives. », AUF, BAN, 2002, 52p.

Spence R. (2007). « Information Visualization: Design for Interaction (2nd Edition) », Prentice Hall, 2007, ISBN: 0-132-06550-9.

Starbuck W.H., « Unlearning Ineffective or Obsolete Technologies », International Journal of Technology Management, 1996, vol. 11, p. 727-737.

Steinmetz R., Rensing C., « Learning Objects, Learning Object Repositories and Beyond – To Re-Use, to Re-Purpose and Beyond », Keynote Speaker Presentation, 3rd Annual Scientific Conference Intelligent, Interactive, Learning Object Repositories (I2LOR), LORNET Research Network, 2005, 48 p.

Strijker A., « Reuse of Learning Objects in Context : Human and Technical Aspects », Thèse soutenue à l'Université de Twente, Enschede, PrintPartners Ipskamp, 2004, ISBN : 09-365-2090-9, 452 p.

Tam, J., Greenberg, S., « A framework for asynchronous change awareness in collaborative documents and workspaces ». International Journal of Human-Computer Studies, vol. 64, issue 7, pp. 583 – 598, Academic Press (2006).

Tchounikine P., « Pour une ingénierie des environnements informatiques pour l'apprentissage humain », Revue I3 information – interaction – intelligence, vol 2, n°1, p. 59-95, 2002.

Tufte E.R. (1990). Envisioning Information. Graphics Press, 1990, ISBN: 0-9613921-1-8.

UK Metadata for Education Group, « UK Learning Object Metadata Core, Draft 0.2 », 2004, 56p., <http://www.cetis.ac.uk/profiles/uklomcore/>

Van Wijk, J.J., Van de Wetering, H., « Cushion Treemaps: visualization of hierarchical information ». In: IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis'99), pp. 73 – 78. IEEE Press (1999)

Vargo, J., Nesbit, J.C., Belfer, K., Archambault, A., « Learning Object Evaluation: Computer-Mediated Collaboration and Inter-Rater Reliability », International Journal of Computers and Applications, Vol. 25, No. 3, 2003, 8p.

Vidal P., Broisin J., Duval E., Ternier S., « Learning Objects Interoperability : The Ariadne Experience », International Federation for Information Processing (IFIP), vol. 156, 2004, ISBN : 978-1-4020-8156-9, pp.551-556.

Vidal P., Broisin J., « Fédération de ressources pédagogiques : vers la virtualisation des ressources pédagogiques. Une architecture fédérée de systèmes de gestion de contenus d'apprentissage. », Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain 2005, p.117-128.

Vidal P., « Vers un réseau fédérateur : architecture et norme pour la distribution d'objets pédagogiques », Habilitation à Diriger les Recherches, Université Paul Sabatier Toulouse 3, 2005.

Wisc-Online, « Learning Objects Defined », Wisconsin Online Resource Center, 2007, <http://www.wisc-online.com/about.asp>

Wiley D., « Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy », The Instructional Use of Learning Objects, In: Agency for Instructional Technology, 2002.

Wiza W., Walczak K., Cellary W. (2004). Periscope: a system for adaptive 3D visualization of search results. Ninth international conference on 3D Web technology, 2004, ACM Press, pp. 29-40, ISBN: 1-58113-845-8.

Webographie

ARIADNE, <http://www.ariadne-eu.org/>
EDNA, <http://www.edna.edu.au/>
EducaNext, <http://www.educanext.org/>
eduSource, <http://www.edusource.ca/>
GLOBE, <http://globe.edna.edu.au/globe/go/lang/fr/pid/2>
INES, <http://www.dep.u-picardie.fr/>
International e-Miage, <http://www.e-miage.org/>
IRIT, <http://www.irit.fr/>
Kaleidoscope, <http://www.noe-kaleidoscope.org/>
LORNET, <http://www.lornet.org/>
LRC, <http://www.lrc3.unsw.edu.au/>
MERLOT (Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching),
<http://www.merlot.org/>
Moodle, <http://www.moodle.org/>
NIME, <http://www.nime.ac.jp/index-e.html>
OpenCourse.Org, Harvey Project, <http://harveyproject.org/>
Open Course Ware, <http://www.ocwconsortium.org/>
PROLEARN, <http://www.prolearn-project.org/>
RELOAD Editor, <http://www.reload.ac.uk/editor.html>
ResourceCenter, <http://www.resourcecenter.de/>
Southern Regional Education Board (SREB) Educational Technology Cooperative,
Evalutech, <http://www.evalutech.sreb.org/>
SupLOMFR, <https://suplomfr.supelec.fr/mediawiki/index.php/SupLOMFR>
Wisconsin Online Resource Center, Wisc-Online, <http://wisc-online.com/>

Glossaire

AFNOR	Agence Française de Normalisation
ADL	Advanced Distributed Learning
AFCIQ	Agence Française pour le Contrôle Industriel de la Qualité
AMG	Automatic Metadata Generation
API	Application Programming Interface
ARIADNE	Association of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe
ASTI	Association Française des Sciences et Technologies de l'Information
ATIEF	Association des Technologies de l'Information pour l'Education et la Formation
AWS	ARIADNE Web Services
C2I	Certificat Informatique et Internet
CEN	Comité Européen de Normalisation
CMS	Content Management System
CSCL	Computer Supported Collaborative Learning
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
DC	Dublin Core
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
ECTS	European Credit Transfer System
EIAH	Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain
FOAD	Formation Ouverte et à Distance
GIF	Graphics Interchange Format
GLOBE	Global Learning Objects Brokered Exchange
HTML	HyperText Markup Language
IEC	International Electrotechnical Committee
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEM	International E-Miage
IFLA	International Federation of Library Associations and Institutions
IMS	Instructional Management Systems
INES	Interactive E-learning System

IRIT	Institut de Recherche en Informatique de Toulouse
ISO	International Organization for Standardization
ISSS	Information Society Standardization System
JPEG	Joint Photographic Experts Group
JTC	Joint Technical Committee
KPS	Knowledge Pool System
LMS	Learning Management System
LO	Learning Object
LOF	Learning Object reFeratory
LOM	Learning Object Metadata
LOR	Learning Object Repository
LORNET	Learning Object Repository NETwork
LOV	Learning Object Virtualisation
LTSC	Learning Technology Standards Committee
METS	Metadata Encoding and Transmission Standard
MIAGE	Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion des Entreprises
MIME	Multipurpose Internet Mail Extensions
MLR	Metadata for Learning Resource
MOODLE	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
MPEG	Moving Picture Experts Group
NCSA	National Center for Supercomputing Applications
OCLC	Online Computer Library Catalog
OCW	Open Course Ware
PDF	Portable Document Format
PHP	Personal Home Page
RELOAD	Reusable eLearning Object Authoring & Delivery
RSS	Really Simple Syndication
SCORM	Sharable Content Object Reference Model
SFoDEM	Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques
SIERA	Service IntEgration and netwoRk Administration (Administration de réseaux et intégration de services)
SILO	Search and Index Learning Object
SMS	Short Message Service

SOAP	Simple Object Access Protocol
SPI	Simple Publishing Interface
SQI	Simple Query Interface
TCAO	Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur
TLE	Teaching and Learning Environment
UML	Unified Modeling Language
URL	Uniform Resource Locator
W3C	World Wide Web Consortium
WSDL	Web Services Description Language
WYSIWYG	What You See Is
XML	Extensible Markup Language

Annexe 1 – Éléments et qualificatifs de Dublin Core

Cette annexe reprend les 15 descripteurs du standard Dublin Core [Dublin Core Metadata Initiative, 2008]. Elle fournit un support exhaustif à l'analyse ciblée sur le cycle de vie de la partie 2.4.1.

Élément	Description
Title	Nom donné à la ressource.
Creator	Entité principalement responsable de la création du contenu de la ressource.
Subject	Thème du contenu de la ressource (Sujet ou mots-clefs).
Description	Présentation du contenu de la ressource.
Publisher	Entité responsable de la mise à disposition de la ressource (Editeur).
Contributor	Entité responsable de contributions au contenu de la ressource.
Date	Date d'un événement du cycle de vie de la ressource.
Type	Nature ou genre du contenu de la ressource.
Format	Manifestation physique ou numérique de la ressource.
Identifier	Référence univoque à la ressource dans un contexte donné.
Source	Référence à une ressource dont la ressource décrite est dérivée.
Language	Langage du contenu intellectuel de la ressource.
Relation	Référence à une ressource apparentée.
Coverage	Périmètre ou domaine d'application du contenu de la ressource.
Rights	Information concernant les droits associés à la ressource.

Tableau 10. Ensemble des éléments de Dublin Core

Annexe 2 – Algorithme de parcours des OP pour la représentation des relations

Pour mieux comprendre comment se passe l'exploration itérative des relations entre OP, et les échanges entre le service de représentation des relations et les *Web Services* ARIADNE (AWS), nous prenons appui sur l'exemple représenté par la figure 76. Si les OP sont tous connus du vivier, ils ne sont connus par le service de représentation des relations qu'au fur et à mesure de l'exploration. La fonction `traiteOP()`, dont l'algorithme est donné ci-dessous, est appelée récursivement pour traiter l'exploration des OP. Nous supposons que l'utilisateur a choisi de commencer la représentation à partir de l'OP L_1 . Au départ, le service ne connaît que l'identifiant de L_1 . Le processus d'exploration commence donc par un appel à `traiteOP(L_1)`.

Granularité

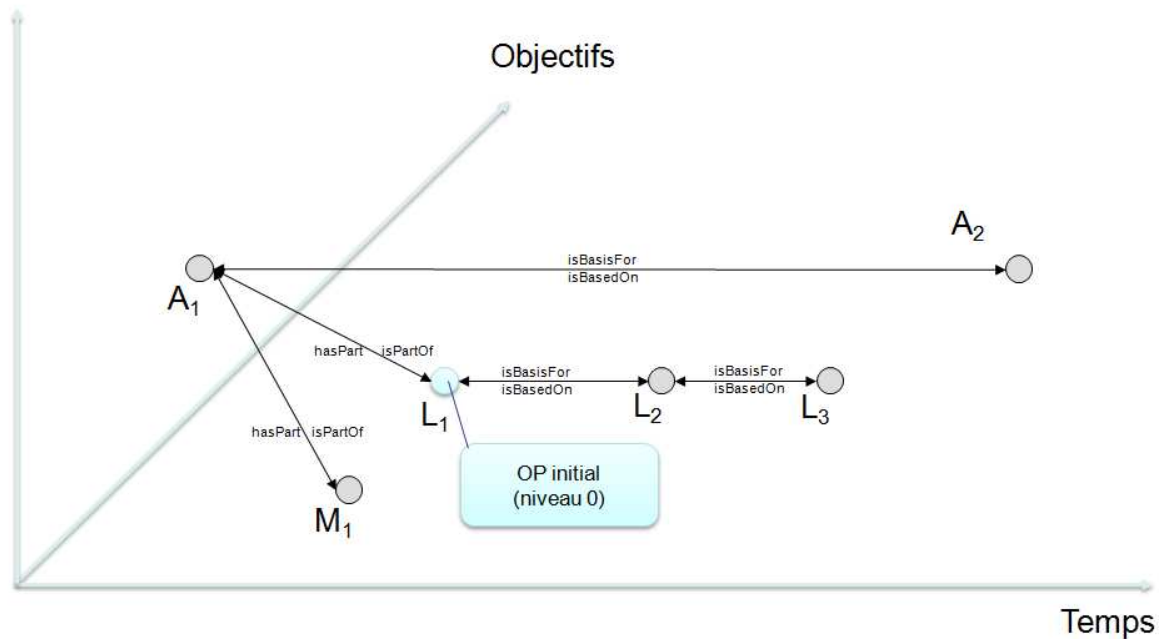


Figure 76. Représentation des relations utilisée comme exemple.

Un OP est considéré comme connu lorsque ses métadonnées ont été récupérées suite à un appel à la méthode `getMetadataInstance()` des AWS.

De plus, un OP est caractérisé dans le service par une variable `niveauRelation` permettant de limiter l'exploration jusqu'à un `niveauSeuil`, qui est fixé à 2 dans notre

exemple. La variable *niveauRelation* est incrémentée chaque fois que de nouveaux OP sont découverts à partir des OP du niveau en cours. Ainsi elle prend la valeur 0 pour L_1 , 1 pour A_1 et L_2 , 2 pour A_2 , L_3 et M_1 .

L'utilisateur peut définir le nombre maximal d'occurrences autorisées à l'affichage pour chaque type de relation. Il peut, par exemple, décider d'autoriser un maximum de 5 relations de type *isBasedOn/isBasisFor* partant d'un même OP et exclure tous les autres types de relations (le maximum d'occurrences autorisées pour les autres relations est alors nul). Supposons qu'un OP N dispose de 7 relations *isBasedOn/isBasisFor* et de 2 relations *references/isReferencedBy*, seules les 5 relations *isBasedOn/isBasisFor* correspondant aux objets pédagogiques cibles avec la date de publication la plus récente seront représentés. Un OP connu est considéré au départ comme invisible. Il devient visible lorsqu'il ne dépasse pas le maximum d'occurrences autorisées pour le type de relation qui le lie à l'OP source.

Revenons à notre exemple de la figure 76. L'appel initial de la fonction *traiteOP*(L_1) permet de récupérer les métadonnées de L_1 , puis celles de A_1 et L_2 en utilisant les AWS. On considère que le maximum d'occurrences autorisées pour les relations *hasPart/isPartOf* et *isBasisFor/isBasedOn* est ici supérieur ou égal à 1. Les 3 OP L_1 , A_1 et L_2 seront donc représentés avec les relations qui les lient. Les appels récursifs à *traiteOP*(L_2) et *traiteOP*(A_1) sont ensuite lancés. Le premier appel permet de récupérer les métadonnées de L_3 et de l'ajouter à la représentation, tandis que le second appel permet de récupérer les métadonnées de A_2 et M_1 avant de les ajouter à la représentation.

L'algorithme suivant correspond à la fonction *traiteOP*(\cdot). Il a été simplifié pour en faciliter la lecture. Un algorithme global est tout d'abord présenté, suivi de l'algorithme des différentes parties.

Algorithme global : traiteOP()

```
Fonction récursive traiteOP (X)
|   Traitement de l'OP initial
|   Exploration des cibles de X
|   Détermination de la visibilité des cibles
|   Modifier la représentation des relations en tenant compte des nouveaux critères de visibilité
|   Appel récursif à traiteOP() pour les cibles visibles ayant un niveauRelation > à celui de X et < niveauSeuil
Fin
```

Algorithme : Traitement de l'OP initial

```
Si X n'est pas connu alors // X est l'OP initial
|   métadonnées de X  $\leftarrow$  getMetadataInstance (X) // Appel aux AWS
|   visible de X  $\leftarrow$  vrai
Fin si
```

Algorithme : Exploration des cibles de X

```
Pour chaque relation de X faire
|   Si Y, cible de la relation, n'est pas connu alors
|   |   niveauRelation de Y  $\leftarrow$  (niveauRelation de X) + 1
|   |   métadonnées de Y  $\leftarrow$  getMetadataInstance (Y) // Appel aux AWS
|   Fin si
Fin pour chaque
```

Algorithme : Détermination de la visibilité des cibles


```
relationsTriées ← ensemble des relations de X triées par date de publication décroissante de la cible de la relation
initialisation à zéro de nbOccurences(typeRelation) pour chaque type de relation possible
Pour chaque Z ← cible de relationTriées faire
|   nbOccurences(type de relation entre X et Z) ← nbOccurences(type de relation entre X et Z) + 1
|   Si nbOccurences(type de relation entre X et Z) < maxOccurences(type de relation entre X et Z) alors
|   |   visible de Z ← vrai
|   Fin si
Fin pour chaque
```

Algorithme : Appel récursif à traiteOP()

```
Si (niveauRelation de X < niveauSeuil) alors
|   Pour chaque relation de X faire
|   |   Si cible Y de la relation est visible alors
|   |   |   Si (niveauRelation de Y > niveauRelation de X) alors
|   |   |   |   traiteOP (Y)
|   |   |   Fin si
|   |   Fin si
|   Fin Pour chaque
Fin si
```

Annexe 3 –Fiche du module « Répartition »

Initialisation Module D232 – Répartition

	D232 – Répartition
---	---------------------------

Objectifs

L'objectif de ce module est de traiter de la conception de systèmes de communication en considérant les principaux protocoles de communication utilisés sur les réseaux informatiques.

Contenu

Introduction générale

Pré-requis, présentation du module, participants, remerciements.

Auteurs affectés à cette partie :

Julien BROISIN, Centre de Toulouse
Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse
Patrice TORGUET, Centre de Toulouse

Web Services

Introduction ; Les appels de procédures distants ; Les standards SOAP et WSDL ; Les Services Web de type REST ; Exemple.

Auteurs affectés à cette partie :

Julien BROISIN, Centre de Toulouse

CORBA

Introduction ; La norme CORBA ; Le langage de définition d'interfaces IDL ; Le bus d'objets de CORBA ; Exemple d'application simple ; Quelques implémentations de CORBA

Auteurs affectés à cette partie :

Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse

JMS

Introduction aux MOM ; Introduction à JMS ; Quelques mots sur JNDI ; Connexions et sessions ; Destinations, producteurs et consommateurs ; Les messages ; Mécanisme de requête/réponse ; Exemple complet.

Auteurs affectés à cette partie :

Patrice TORGUET, Centre de Toulouse

Activités

3 devoirs sont proposés aux étudiants sous forme de travaux dirigés durant le semestre

Auteurs affectés à cette partie :

Julien BROISIN, Centre de Toulouse
Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse
Patrice TORGUET, Centre de Toulouse

Bibliographie

Références bibliographiques utiles pour approfondir le module.

Autres cours sur le web.

Outils utiles.

Auteurs affectés à cette partie :

Fiche générée pour le comité de programmes par Daniel MARQUIE

Initialisation Module D232 – Répartition

Julien BROISIN, Centre de Toulouse
Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse
Patrice TORGUET, Centre de Toulouse

Examen terminal

Important : Cette partie ne doit pas être intégrée au cours en ligne. Elle contient les sujets d'examen communs à tout le consortium.

Auteurs affectés à cette partie :

Julien BROISIN, Centre de Toulouse
Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse
Patrice TORGUET, Centre de Toulouse

Responsable du module

Cédric TEYSSIE, Centre de Toulouse

Public Cible

E-Miage - Mastère 2

Sémantique

Type de Science : Sciences Exactes, Naturelles et de l'Ingénieur

Discipline Principale : Informatique / Traitement de l'information

Sous-Discipline : Réseaux

Informations complémentaires à communiquer aux auteurs

Veiller à choisir des exemples simples et concrets.

Fiche générée pour le comité de programmes par Daniel MARQUIE

Annexe 4 – Message électronique transmis à un auteur du module « Répartition »

From: Daniel MARQUIE <marquie@irit.fr>
Organization: International E-Miage
To: Patrice TORGUET <torguet@irit.fr>
Subject: Nouveau Module D232-Répartition
MIME-Version: 1.0
Content-Type: text/plain; charset=windows-1252; format=flowed
Content-Transfer-Encoding: 8bit

Bonjour,

dans le cadre de la mise en place du nouveau module
D232 - Répartition
destiné aux étudiants E-Miage - Mastère 2,
nous sollicitons votre contribution en tant qu'auteur.

La répartition du cours a été établie comme suit:

- Introduction générale
- Web Services
- CORBA
- JMS
- Activités
- Bibliographie
- Examen terminal

Je vous invite:

- à consulter les différentes fiches de présentation du module et de ses parties,
- à utiliser le fichier modèle disponible à l'adresse <http://.../documents/modele.doc> pour rédiger le contenu des parties dans lesquelles vous êtes impliquées.
- à utiliser les assistants de conception pour récupérer et déposer le fruit de vos travaux.

-- MODULE D232 - Répartition --

Vous trouverez la fiche de présentation du module à l'adresse:
<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451088>

-- PARTIE Introduction générale --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451089>

L'assistant de conception de cette partie est accessible à l'adresse:

<http://.../assistant/conception.php?ID=LCS3451089>

-- PARTIE Web Services --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451090>

-- PARTIE CORBA --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451091>

-- PARTIE JMS --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451092>

L'assistant de conception de cette partie est accessible à l'adresse:

<http://.../assistant/conception.php?ID=LCS3451092>

-- PARTIE Activités --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451093>

L'assistant de conception de cette partie est accessible à l'adresse:

<http://.../assistant/conception.php?ID=LCS3451093>

-- PARTIE Bibliographie --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451094>

L'assistant de conception de cette partie est accessible à l'adresse:

<http://.../assistant/conception.php?ID=LCS3451094>

-- PARTIE Examen terminal --

Vous trouverez la fiche de présentation de la partie à l'adresse:

<http://.../silo/ShowDescription.do?ID=LCS3451095>

L'assistant de conception de cette partie est accessible à l'adresse:

<http://.../assistant/conception.php?ID=LCS3451095>

Je vous remercie par avance pour votre participation.
Cordialement.

--

Pour le comité de programmes de l'e-miage
Daniel MARQUIE

Title: Learning Object and Metadata Lifecycle

Abstract:

To allow multiple professionals to design, realise, share, use and improve a specific learning object (LO) by using a repository that store and index its successive evolutions, we need to represent the different steps followed by a LO and its metadata throughout its lifecycle. Here, we study various initiatives related to this issue and notice significant differences between them in the terms of terminology and sequences. Thus, we infer a generic representation that can be applied to any given situation. We investigate e-learning standards that deal with LO description, and suggest additional elements, together with some extra vocabulary terms in order to take into account our lifecycle representation. Metadata propagation, extraction and generation mechanisms are set up in order to facilitate indexation. Several tools are suggested for managing LO lifecycle:

- a relationships representation that uses information visualisation techniques for finding learning objects and providing end-users with a general point of view on the production progress.
- an Annotation Management Service that offer teachers and learners the opportunity to exploit, express and share learning objects assessments and suggestions for use when and where they become relevant.
- an Evolution Management Service that allow teachers and curriculum managers to be aware of all divergences between learning objects imported within Learning Management System and their evolutions and dependencies stored into heterogeneous repositories.

This approach, based on high aggregation level of learning content, has been experimented within the International E-Mi@ge distance training, a French "digital campus".

Keywords: learning object, lifecycle, metadata, indexation, reuse, cooperative work, standards.

Auteur : CATTEAU Olivier

Titre : Cycle de Vie de l'Objet Pédagogique et de ses Métadonnées

Directeur de thèse : Professeur Philippe VIDAL

Encadrant : Julien BROISIN

Lieu et date de soutenance : Toulouse, le 2 Décembre 2008

Résumé :

Pour permettre à de multiples acteurs de concevoir, réaliser, partager et améliorer un objet pédagogique (OP) spécifique en utilisant un vivier de connaissances qui stocke et indexe ses évolutions successives, une représentation des différentes étapes suivies par un OP et ses métadonnées au cours de son cycle de vie doit être établie. Différentes initiatives internationales traitant de ce problème sont étudiées et permettent de relever des différences significatives dans la terminologie utilisée et le séquençement des étapes. Nous en déduisons une représentation générique qui peut être appliquée dans n'importe quelle situation. L'étude des standards de la formation en ligne qui traitent de la description des OP permettent de suggérer des éléments de métadonnées et des vocabulaires complémentaires pour une prise en compte de notre représentation générique. Des mécanismes de propagation, d'extraction et de génération de métadonnées sont mis en place pour faciliter l'indexation. Plusieurs services sont proposés pour suivre le cycle de vie :

- une représentation des relations qui utilise des techniques de visualisation de l'information pour rechercher des OP et fournir aux utilisateurs une vue générale de la progression de la production ;
- un service de gestion des commentaires qui offre aux enseignants et aux apprenants l'opportunité d'exploiter, d'exprimer et de partager des évaluations et des suggestions d'utilisation d'OP dans le système adéquat au moment où elles sont pertinentes ;
- un service de gestion des évolutions qui sensibilise les enseignants et les responsables de cours aux divergences qui apparaissent entre les OP importés dans les plates-formes pédagogiques et leurs évolutions et dépendances qui sont stockées dans des viviers hétérogènes.

Cette approche, basée sur des objets pédagogiques de forte granularité, a été expérimentée au sein du campus numérique International E-Mi@ge.

Mots Clefs : objet pédagogique, cycle de vie, métadonnées, indexation, partage, réutilisation, industrialisation de la formation, standard, norme.

Discipline : Informatique

Laboratoire de rattachement :

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse – CNRS – UMR 5505

Equipe SIERA

Université Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, F-31062 Toulouse CEDEX 9

